



ECOMONDO
THE GREEN TECHNOLOGY EXPO

**3 - 6
NOV.
2020**

**QUARTIERE
FIERISTICO
DI RIMINI**

organizzato da

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**



in collaborazione con



ITA

in contemporanea con

KEY ENERGY



ecomondo.com

GREEN AND CIRCULAR ECONOMY: RICERCA, INNOVAZIONE E NUOVE OPPORTUNITÀ

- Gestione e valorizzazione dei rifiuti: innovazioni tecnologiche, raccolta differenziata e riciclo, strumenti di valutazione, compostaggio
- *Chain patterns in the Circular Economy*: il ruolo della simbiosi industriale per la prevenzione della produzione di rifiuti
- Ciclo dell'acqua: approvvigionamento idrico sostenibile e resiliente in agricoltura, digitalizzazione e innovazione tecnologica
- *Agri-food, forestry and biobased industry: Green new deal*, strategia "farm to fork", bioedilizia, bioeconomia forestale, *eco-design*
- *Blue growth*: gestione e riuso dei sedimenti in ambito costiero da fonti litoranee
- Qualità dell'aria: tecnologie di abbattimento emissioni odorigene e strategie di controllo, inquinamento atmosferico e COVID-19, qualità dell'aria indoor
- Le bonifiche sostenibili e la riqualificazione dei siti: tecnologie innovative e sostenibili

www.ecomondo.com

Atti dei convegni aperti a *call for papers* a cura di Fabio Fava

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**
Providing the future

**MAGGIOLI
EDITORE**



Fabio Fava (1963), laurea in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche, Dottorato Europeo in Biotecnologie ambientali e *Laurea Honoris Causa* in Ingegneria ambientale, è Professore ordinario di “Biotecnologie industriali ed ambientali” presso la Scuola di Ingegneria dell’*Alma Mater Studiorum*-Università di Bologna dal 2005. Si interessa dello sviluppo ed ottimizzazione di processi biotecnologici per la decontaminazione di matrici ambientali inquinate e per la produzione di composti chimici, materiali e combustibili *biobased* da sottoprodotti e scarti dell’agroindustria. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca europei (FP7) e nazionali e la sua produzione scientifica è documentata da oltre 300 lavori di cui oltre 175 su riviste internazionali di medio-alto IF. È il *Vice-Chairman* della divisione di *Environmental Biotechnology* della *European Federation of Biotechnology* e Delegato

del Comitato di Biosicurezza, Biotecnologie e Scienze della Vita della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel *Working Party on Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies* presso l’OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) e Delegato del Ministero dell’Educazione, Università e Ricerca nell’ambito delle iniziative per la crescita blu del Mediterraneo BLUEMED, EUSAIR e WESTMED. È stato membro del *High Level Group on Key Enabling Technologies* e del *Expert Group on Biobased products* entrambi della *DG GROW* (precedentemente *DG Enterprise and Industry*) della Commissione Europea ed è stato membro del *Expert Group on Eco-industries* del *JRC Directorate* della stessa Commissione. Infine è il Rappresentante italiano nel comitato di programma *Horizon2020 Societal Challenge 2: “European Bioeconomy Challenges: Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and inland water research”* presso la Commissione Europea (DG RTD) e nell’ambito dello “*State Representative Group*” della “*Public Private Partnership (JTI) Biobased Industry*”. È infine il Presidente del Comitato scientifico/tecnico di Ecomondo dal 2013.



SEE YOU AT ECOMONDO

9 - 12 NOVEMBER 2021
RIMINI EXPO CENTRE - ITALY

organized by

ITALIAN EXHIBITION GROUP
Providing the future

ecomondo.com

© Copyright 2020 by Maggioli S.p.A.
Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.
Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001: 2008

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595
www.maggioli.it/servizioclienti
e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Codice: 978.88.916.4598.2

Indice

- 7 Editoriale
- 11 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION**
INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RICICLO ED IL
RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA
- 13 Pulper cartiera, carfluff pyrolysis *di David Callejo Munoz, Ivana Moscato, Alessandro Panza, Sergio Sodano, Sergio Gonzalez Egidio, Ismael Dièz*
- 18 Recupero del fosforo da ceneri di fanghi di depurazione *di Roberto Canziani, Andrea Turolla, Gaia Boniardi*
- 25 Tecnologie di trattamento dei poliaccoppiati a base cellulosica: stato dell'arte *di Claudio Lena, Lucia Pirollo*
- 31 L'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce *di Sebastiano Mangiagli*
- 37 I Criteri Ambientali Minimi per promuovere l'uso efficiente delle risorse e un'economia circolare *di Alessandra Mascioli, Massimo Mari, Carla Mazziotti, Antonio Fardelli*
- 44 Pale eoliche in plastica rigenerata tramite recupero di Plasmix e prodotte con tecnologia di stampa 3D *di Massimo Moretti, Nicola Schiavarelli, Francesca Moretti, Angelo Mirabelli*
- 49 La DigiGreen Innovation *di Paolo Neri, Paolo Carrara, Eleonora Tandoi*
- 57 E-CO₂- Produzione ed utilizzo nei cicli industriali di combustibili sintetici da CO₂ ed energia elettrica rinnovabile *di Giuseppe Nigliaccio, Samuele Branchetti, Ramona Agostini, Roberto Scaccabarozzi, Francesco Magli, Manuele Gatti, Augusto Bianchini, Alessandro Guzzini, Federica Bianchi, Agostino Gambarotta, Mirko Morini, Nicolò Riboni, Laura Saragoni*
- 65 La piattaforma NUTRIMAN per tecnologie e fertilizzanti provenienti da filiere di riciclo e recupero di materia e energia *di Massimo Pugliese, Federico Trucco, Maria Lodovica Gullino, Edward Someus*
- 72 Siero e sanse di oliva per il biometano: valutazione analitica per indirizzare e regolarne la scelta *di Mariangela Soldano, Mirco Garuti, Erika Sinisgalli, Sergio Piccinini*

- 77 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION**
DALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA AL RICICLAGGIO: NON SOLO
MATERIE PRIME SECONDE MA ANCHE RIFIUTI SPECIALI
- 79 Waste-to-material: recovering special waste with a biorefinery *di Ivana Moscato, David Callejo Munoz, Alessandro Panza, Sergio Sedano, Sergio Gonzalez Egidio, Ismael Díez, Preco, Madrid*
- 85 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION**
NUOVE OPZIONI GESTIONALI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER
ACCELERARE LA TRANSIZIONE VERSO L'ECONOMIA CIRCOLARE
- 87 Tracciabilità dei rifiuti urbani da imballaggio *di Massimiliano Boccarossa, Michele Lupo, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini*
- 96 Retail 4.0 for “smart” reduction of food waste *di Giulio Mario Cappelletti, Alfredo Ernesto Di Noia, Giuseppe Martino Nicoletti*
- 104 Surplus food donation by large retailers: Coop Alleanza 3.0 initiatives *di Giulio Mario Cappelletti, Alfredo Ernesto Di Noia, Giuseppe Martino Nicoletti*
- 111 Application of the Health and Environmental Risk Analysis aimed at preventing the generation of waste *di Francesco Caridei, Marco Pagano, Ugo Bacchiega, Matteo Crespi, Sarah Bonvicini*
- 118 Estimate of the potential automotive battery market in 2030: a case study from Brazil *di Francine Duarte Castro, Laura Cutaia, Mentore Vaccari*
- 122 Green Deal 2030 nasce il binomio (inedito) ecologia/economia *di Carlo d'Orta*
- 130 La prevenzione della produzione dei rifiuti: analisi comparativa della sostenibilità degli imballaggi in plastica di alcuni prodotti *di Marta Giovanna Geranzani, Laura D'Aprile, Maurizio Del Monte, Ilaria Bertoldi, Nicoletta Girardi, Chiara Leti, Marco Loperfido, Martina Madau, Marta Tosetto*
- 139 Intervento di ARERA per la regolazione della qualità nel settore rifiuti *di Giorgio Ghiringhelli, Elisa Amodeo, Carlo Sguario, Paolo Pagani, Giuseppe Sbarbaro*
- 146 La valorizzazione dei Progetti di Economia Circolare per mezzo dello Standard XP X30-901 *di David Giraldi, Andrea Steri*
- 152 Via i cassonetti per migliorare la qualità del rifiuto: il modello porta a porta integrale di AIMAG *di Aram Iobstraibizer, Isabella Debbia*
- 159 LCA nella gestione dei rifiuti: un compromesso tra completezza e praticità *di Anna Mazzi, Silvia Munari*
- 166 Opportunità e sfide per la ricerca nella transizione verso una bio-economia circolare *di Carla Mazziotti Gomez de Teran, Antonio Fardelli, Alessandra Mascioli, Massimo Mari*

- 173 Re.MARE: Una Rete per il MARE di *Antonino Miccio, Caterina Iacono*
- 178 Acea e il compostaggio di prossimità – Acea Smart Comp di *Enrico Miletto, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Flavio Cammilozzi*
- 185 Progetto Mattei 2019/20 – economia circolare - agenti del cambiamento nel Territorio Abruzzese di *Daniele Palmarini, Massimo Lupino*
- 193 Procurement of Paper for Recycling Testing procedures and standardisation di *Paolo Peruzzi*
- 201 Domani - Prototipo abitativo di architettura circolare di *Andrea Rinaldi*
- 207 REACH ed economia circolare: la tracciabilità delle sostanze pericolose nei prodotti di *Debora Romoli, Serena Santoro*
- 212 Token “Eco Mutualisti” su Blockchain Quando la riduzione dei rifiuti conviene di *Gaetano Giuseppe Domenico Russo*
- 220 Un “Sustainable business model framework” per il settore dell’olio di oliva di *Francesco Ventura, Tiziana Procida, Angelo Petolicchio, Valerio Bacco, Angelo Petolicchio, Daniela Barba, Elisa Novelli, Massimo Astone, Gerardo Tedesco*
- 227 **WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION
BIOWASTE: XXII CONFERENZA SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE
ANAEROBICA. SESSIONE TECNICA**
- 229 The C2Land Project: a soil improver obtained by HTC of the OFMSW digestate di *Daniela Bona, Donato Scrinzi, Silvia Silvestri, Gianni Andreottola, Luca Fiori*
- 236 Trattamento dei residui liquidi della digestione anaerobica di *Paolo Foa, Sonia Mattia, Christian Fux*
- 243 Compostaggio collettivo di prossimità e tariffazione puntuale dei rifiuti urbani di *Riccardo Marchesi, Fabrizio Romboli*
- 250 Determinazione dell’Oxygen Uptake Rate su compost e digestati di *Erika Sinisgalli, Nicola Labartino, Mirco Garuti, Sergio Piccinini*
- 257 **PATTERNS IN THE CIRCULAR ECONOMY
IL RUOLO DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE PER LA PREVENZIONE
DELLA PRODUZIONE DI RIFIUTI: A CHE PUNTO SIAMO?**
- 259 Trend recenti negli studi di Simbiosi Industriale: un’analisi bibliometrica dal 2013 al 2020 di *Andrea Di Renzo, Claudio Gadaleta, Emanuele Lattanzio, Giulia Martinelli, Rossella Rocca Piscivino, Alessandra Tavano*
- 265 Recupero del fosforo nel trattamento delle acque reflue di *Sonia Mattia, Antonio Castorini*

- 271 **WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO SOSTENIBILE E RESILIENTE
IN AGRICOLTURA: IL RUOLO DELLE GRANDI INFRASTRUTTURE
IDRICHE E DEL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE**
- 273 Implementing a predictive model for sustainable water management: a case study in Apulia *di Cappelletti Giulio Mario, Russo Carlo, Nicoletti Giuseppe Martino*
- 280 Stato dell'arte del consumo idrico in agricoltura nella regione Puglia per un Nuovo Modello di Economia Circolare *di Tiziana Crovella, Giovanni Lagioia, Annarita Paiano*
- 288 Riuso delle acque reflue in agricoltura nel progetto IMPEL "Integrated Water Approach" *di Geneve Farabegoli, Anabela Rebelo*
- 296 Valutazione delle potenzialità di riuso irriguo delle acque reflue depurate per l'area emiliana *di Paolo Mantovi, Massimo Bonacini, Roberto Belli, Lorena Guglielmi*
- 303 **WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION
DIGITALIZZAZIONE E INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER
MONITORARE E OTTIMIZZARE LA SICUREZZA, LA RESILIENZA E
LA SOSTENIBILITÀ DELLE INFRASTRUTTURE IDRICHE URBANE E
INDUSTRIALI**
- 305 **CONSTANCE COntrollo iNtelligente e geSTione Automatizzata per il trattameNto
di aCque rEflue** *di Luca Luccarini, Fabrizio Paolucci, Francesco Avolio*
- 313 **AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY
GREEN NEW DEAL: LA STRATEGIA "FARM TO FORK" - FILIERE
AGROALIMENTARI SMART E A BASSO IMPATTO AMBIENTALE**
- 315 The Enchantment of the Territories and the Circular Economy in Agri-Food Starting from an European Experience *di Marino Cavallo*
- 321 Driptape clogging and poor irrigation performance: the patented dripline providing a solution allowing durable supply uniformity even in case of low filtration *di Giuseppe Giardina, Pablo Chiozza*
- 328 La strategia "Farm to Fork" nello sviluppo del Parco Comestibile di Reggio Emilia *di Paolo Mantovi, Giuseppe Bonazzi, Sabrina Rosati, Giulia Semeghini*
- 335 **AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY
ARCHITETTURA E NATURA: BIOEDILIZIA, BIOECONOMIA
FORESTALE, ECO-DESIGN**
- 337 GreenChainSAW4LIFE: una filiera del legno a basse emissioni grazie alla Climate-smart Forestry *di Cristian Accastello, Lucio Vaira*
- 345 Progetti di cooperazione a sostegno delle filiere forestali e della bioeconomia *di Paola Bergero, Diana Sartori, Roberta Giuliano*

- 351 Valorisation of agro-forestry wastes into sustainable bio-based products for the construction sector *di Andrea Leoncini, Laura Merello, Giorgio Urbano*
- 358 Programma Europeo Horizon 2020 - Il Progetto UNaLab *di Sonia Zarino*
- 365 BLUE GROWTH
GESTIONE E RIUSO DEI SEDIMENTI IN AMBITO COSTIERO DA FONTI LITORANEE, PORTI E BACINI ARTIFICIALI, PER UNA CRESCITA BLU SOSTENIBILE
- 367 Il riutilizzo dei sedimenti di dragaggio in applicazione del D.M. n. 173/2016: l'esempio del Porto "Marina Sveva" di Montenero di Bisaccia (CB) - Italia *di Marco Marinelli, Maria Pina Izzo, Agostino Franciscelli, Mauro Di Muzio, Annunziata di Niro, Emilio Leccese, Paolo Contini*
- 374 Porto di Marina di Carrara: la gestione dei sedimenti dragati in ambito portuale *di Ivano Melito, Domenico Ciavarella, Stefano Boscolo Cucco*
- 381 Blue economy growth: the role of the transport sector *di Elisabetta Venezia*
- 387 AIR QUALITY
EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO
- 389 Electronic noses for the real time assessment of odour concentration: example of the monitoring of odour emissions from a landfill *di Carmen Bax, Beatrice Julia Lotesoriere, Laura Capelli*
- 397 Emissioni diffuse: l'implementazione di metodi di calcolo per la stima di emissione da serbatoi di stoccaggio *di Marzio Invernizzi, Luca Roveda, Selena Sironi*
- 402 Tecnologia Rebiosov per abbattimento odori *di Alessandro Panza, Ivana Moscato, David Callejo Munoz, Pietro Italiano*
- 407 AIR QUALITY
INQUINAMENTO ATMOSFERICO E COVID 19
- 409 L'andamento delle performance delle emissioni in atmosfera dei macroinquinanti (polveri, NO_x, SO₂, CO) nelle centrali termoelettriche alimentate a carbone *di Roberto Borghesi, Carlo Carlucci, Raffaella Manuzzi*
- 416 Abbattimento Odori con il Vapore Secco. Una tecnologia innovativa *di Marilena Cascone*
- 420 Analisi di incidenti e buone pratiche ispettive per la gestione dell'invecchiamento di impianti industriali *di Romualdo Marrazzo, Fabrizio Vazzana*
- 426 Catalytic post-combustion, a way to save money *di Alessandro Panza, Ivana Moscato, David Callejo Munoz, Pietro Italiano*

- 430 Ri-connettere le città con la natura ai tempi del Covid *di Valeria Stacchini*
- 437 AIR QUALITY
**LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR DA TEMATICA INVISIBILE A
TEMATICA EMERGENTE PER LA COMPETITIVITÀ DEL PAESE: IL
QUADRO LEGISLATIVO, LO STATO DELLE CONOSCENZE E LE AZIONI
DI PREVENZIONE DELLA SALUTE**
- 439 Azioni basate sulle teorie di cambiamento comportamentale per il benessere *indoor*
ed Efficienza Energetica *di Patrizia Aversa, Mario Diana, Anna Amato*
- 445 Pandemia da CoVid-19 e *lockdown*: qualità dell'aria indoor e conseguenze sociali e
psicologiche della convivenza forzata *di Silvia Brini, Giuliana Giardi, Elisabetta De
Maio, Francesca De Maio, Arianna Lepore*
- 452 Qualità dell'aria indoor nei luoghi dove si pratica attività sportiva: evidenze
scientifiche, criticità e soluzioni – una review *di Silvia Brini, Francesca De Maio,
Arianna Lepore, Giuliana Giardi*
- 462 Sanificazione negli ambienti *indoor* *di Marilena Cascone*
- 469 BIOREMEDIATION AND SITE REQUALIFICATION
**TECNOLOGIE INNOVATIVE E SOSTENIBILI: RECENTI EVOLUZIONI
DELLA RICERCA APPLICATA NAZIONALE E INTERNAZIONALE**
- 471 Il sistema G.Re.T.A., una soluzione innovativa per il monitoraggio delle discariche e
dei siti contaminati *di Greta Tresoldi, Azadeh Hojat, Shahid Babonar, Luigi Zanzi*

Editoriale

Gli articoli raccolti in questo volume riguardano alcuni dei contributi presentati alle principali conferenze aperte a *Call for papers* di Ecomondo 2020, svoltosi a Rimini dal 3 al 6 novembre 2020.

Questa raccolta potrà essere di grande utilità per coloro che non hanno potuto partecipare all'evento e rappresenta una preziosa fonte di informazioni e di stimoli a sostegno di uno sviluppo della *Green and Circular Economy* in Italia, in Europa e nel Mediterraneo.

Gestione e valorizzazione dei rifiuti: innovazioni tecnologiche, raccolta differenziata e riciclo, strumenti di valutazione, compostaggio.

La gestione e valorizzazione dei rifiuti è un tema estremamente vasto. L'urgenza di limitare sempre più la quantità di rifiuti destinati allo smaltimento, sia per l'aumento dei costi relativi, sia per la diminuzione di spazi disponibili per un deposito definitivo, sia per i sempre maggiori vincoli normativi, costringe i Paesi europei ad individuare nuove soluzioni industriali ed impiantistiche per riciclare e recuperare i rifiuti solidi, di origine urbana o speciale. Inoltre, il costante incremento delle raccolte differenziate ha messo in evidenza l'esigenza nazionale di costruire un sistema impiantistico in grado di trattare adeguatamente non solo i rifiuti urbani (differenziati e indifferenziati) ma anche quelli speciali prodotti dalla selezione delle raccolte differenziate e dai processi di riciclo degli stessi rifiuti. Il Green New Deal su cui Parlamento e Commissione Europea hanno deciso di puntare come cammino strategico caratterizzante per i prossimi anni, ha posto al centro la ciclicità dei cicli produttivi, con una valorizzazione delle risorse ad oggi destinate al semplice smaltimento.

Gli articoli raccolti all'interno di questa macroarea offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

Chain patterns in the circular economy: il ruolo della simbiosi industriale per la prevenzione della produzione di rifiuti.

Il recepimento nell'ordinamento nazionale del cosiddetto "pacchetto rifiuti" potrebbe rappresentare l'occasione per apportare delle modifiche importanti in materia di rifiuti, di politica ambientale e di economia per il sistema paese. Gli obiettivi generali del recepimento riguardano la semplificazione, il decentramento, la chiarezza e certezza normativa, l'accorpamento delle discipline, la riduzione del ricorso alla decretazione attuativa, il riordino delle competenze. Nonostante la prevenzione sia all'apice della gerarchia dei rifiuti, non esistono stime, né tantomeno rilevazioni puntuali, delle quantità di scarti che vengono valorizzati come sottoprodotti, attraverso la simbiosi industriale.

Gli articoli raccolti all'interno di questa area offrono una panoramica su alcuni di questi temi.

Ciclo dell'acqua: approvvigionamento idrico sostenibile e resiliente in agricoltura, digitalizzazione e innovazione tecnologica.

Il cambiamento climatico e il suo impatto sulla disponibilità di acqua hanno un'influenza decisiva sul settore agricolo. Inoltre, la necessità di garantire la sicurezza alimentare richiede l'adozione di tecniche sostenibili e il ruolo dell'innovazione è fondamentale in questo senso, in particolare per l'irrigazione di precisione e il trattamento/riutilizzo sicuro delle acque reflue trattate in agricoltura.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Agri-food, forestry and biobased industry: Green new deal, strategia "farm to fork", bioedilizia, bioeconomia forestale, eco-design.

Diventare il primo continente a impatto climatico zero costituisce contemporaneamente la sfida e l'opportunità più grandi del nostro tempo. In attuazione del Green New Deal la normativa europea sancirà per la prima volta l'obiettivo della neutralità climatica dell'UE entro il 2050. Anche i settori agricolo ed agroalimentare, attraverso la strategia "Dal campo alla tavola" contribuiranno ai suddetti obiettivi assicurando prodotti alimentari sani, nutrienti e di alta qualità, prodotti nel rispetto dell'ambiente e seguendo i principi dell'economia circolare.

Le foreste non svolgono soltanto l'importante funzione di fornire servizi ecologici di fondamentale importanza per la biosfera e la società umana ma anche un ruolo rilevante per la produzione di risorse naturali rinnovabili per la bio-economia.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Blue growth: Gestione e riuso dei sedimenti in ambito costiero da fonti litoranee.

La gestione dei sedimenti necessita di una visione ampia ed integrata che, in una logica di circolarità e sostenibilità, deve tendere a garantire l'ottimizzazione nell'uso e del loro riuso dalle fonti più diverse ai fini della protezione dei territori più esposti all'ingressione marina.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Qualità dell'aria: tecnologie di abbattimento emissioni odorigene e strategie di controllo, inquinamento atmosferico e COVID 19, qualità dell'aria indoor.

La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo si confrontano e si contaminano sulla qualità dell'aria, un tema che sta assumendo sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali. Questo tema non può prescindere in questo momento storico dal presentare un quadro degli studi in corso (in termini tecnici e sanitari), delle esperienze, delle conoscenze e le variabili in gioco nella diffusione dell'epidemia CoVID-19. Per quanto concerne la qualità dell'aria indoor, è una tematica che pone una serie di domande a cui i governi, l'industria, la ricerca, i consulenti, i tecnici e le università sono chiamati a rispondere anche alla luce delle attività elaborate dall'UE e dalla WHO.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

Le bonifiche sostenibili e la riqualificazione dei siti: tecnologie innovative e sostenibili.

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ha consentito il significativo miglioramento sia nella comprensione della dinamica della contaminazione che nello sviluppo di appropriate tecnologie di caratterizzazione e di bonifica dei siti inquinati.

Le tecniche tradizionali sono ormai affiancate da nuove tecnologie, certamente molto meno invasive, che consentono una più accurata identificazione e delimitazione delle sorgenti secondarie attive. Parallelamente, notevoli sono gli sviluppi nel campo delle tecnologie di bonifica sostenibili.

Gli articoli raccolti trattano alcune di queste tematiche.

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RICICLO ED IL RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA

L'urgenza di limitare sempre più la quantità di rifiuti destinati allo smaltimento, sia per l'aumento dei costi relativi, sia per la diminuzione di spazi disponibili per un deposito definitivo, sia per i sempre maggiori vincoli normativi, costringe i Paesi europei ad individuare nuove soluzioni industriali ed impiantistiche per riciclare e recuperare i rifiuti solidi, di origine urbana o speciale. I processi di valorizzazione spesso vengono ostacolati da una complessa struttura dei materiali (es., polifunzionalizzati o compositi), da concentrazioni di elementi o composti a volte molto esigue (come per alcuni metalli presenti in dispositivi elettronici), da uno scarso sviluppo di applicazioni industriali in cui far confluire il materiale riciclato (come avviene per diverse famiglie di polimeri).

La sessione raccoglie contributi atti a presentare le migliori innovazioni, a diversi livelli di sviluppo tecnologico, volte al trattamento di scarti industriali o altri residui solidi, per il ripristino funzionale di materie prime seconde o per un recupero efficiente di energia.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, ATIA – ISWA, Società Chimica Italiana – Divisione CAB**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *CTS Ecomondo, Università di Bologna*
- Mario Malinconico, *CTS Ecomondo, ATIA – ISWA, CNR*

Pulper cartiera, carfluff pyrolysis

David Callejo Munoz, d.callejo@b1shop.it, Ivana Moscato, Alessandro Panza, B1shop srl Dalmine, Sergio Sodano, Neoliquid, Madrid, Sergio Gonzalez Egidio, Fundation General de Universidad de Alcala, Ismael Dièz, Preco, Madrid

Summary

Car fluff and pulper from paper fabrication waste are a big problem for the industrial field, in particular for Italy, considering the automotive and paper production sectors.

Although car fluff (CER 191004) is suitable for CSS-Combustibile production, with destination cement factory, a very low amount of it reaches this destination as in the pulper case, the chlorine presence, and the multi-material mixing, make almost impossible the material recovery, forcing to use the thermal valorisation.

A possible way to solve the that problem it's presented, consisting in its valorisation through its thermo-chemical transformation into a liquid product (Reach qualified), to be used as raw oil for the hydrogenation and polymerization processes, mixed with used cooked oil and virgin nafta, with high market request.

A typical car fluff and pulper quality range will be defined in order to select only suitable car fluff for the process transformation; a mass balance and a treatment scheme will show the proposed solution. A case study with economical information and basic BP completes the presentation.

Riassunto

Car fluff e pulper da scarti di fabbricazione della carta sono un grosso problema per il settore industriale, in particolare per l'Italia, considerando i settori automobilistico e della produzione di carta.

Sebbene il car fluff (CER 191004) sia idoneo alla produzione CSS-Combustibile, con destinazione cementificio, una quantità molto bassa raggiunge questa destinazione come nel caso del pulper, la presenza di cloro, e la miscelazione multimateriale, rendono quasi impossibile la recupero materiale, costringendo ad utilizzare la valorizzazione termica.

Una possibile via per risolvere il problema che si presenta, consiste nella sua valorizzazione attraverso la sua trasformazione termochimica in un prodotto liquido (qualificato Reach), da utilizzare come olio grezzo per i processi di idrogenazione e polimerizzazione, miscelato con olio cotto esausto e vergine nafta, con alta richiesta di mercato.

Verrà definita una gamma tipica di car fluff e pulper per selezionare solo car fluff idonei per la trasformazione del processo; un bilancio di massa e uno schema di trattamento mostreranno la soluzione proposta. Un caso di studio con informazioni economiche e BP di base completa la presentazione.

1. Introduction

The best path to solve the pulper and car-fluff problem consists in its valorisation through its thermo-chemical transformation into a liquid product (Reach qualified), classified as second-generation fuel, with high market request.

The NEOLIQUID technology demonstrates to be the only industrial technology able to recover most of the pulper and car-fluff multi-material waste with the required process flexibil-

ity, while all other approaches are driving to accumulation as well as incineration, cutting the circle of the material recovery cycle, as well as increasing the CO₂ footprint of the fabrication processes.

A typical pulper and car fluff quality range will be defined in order to select only the suitable portion for the process transformation; a mass balance and a treatment scheme will show the proposed solution. A case study with economical information and basic BP completes the presentation.

Regarding and pulper car fluff waste, it can be generalized that at European level the majority are destined to landfills. Only a small fraction is energetically valued in incinerators or cement plants.

2. Thermochemical transformation

Materials that are processed at high temperatures in the presence of oxygen undergo combustion or gasification processes and release an amount of thermal energy that can be used.

These processes convert materials into solid products and gases derived from combustion. Combustion processes present technological and environmental problems and do not allow the recovery of materials.

If we process organic materials at high temperatures and in the absence of oxygen, the material undergoes thermochemical transformations resulting in other molecules. Thermochemical processes in the absence of oxygen are called pyrolysis.

Thermochemical transformation in pyrolysis conditions of the materials present in the organic fraction will give the typical products of these processes: a gas fraction, a solid fraction and a liquid fraction.

The gas fraction consists in a mixture of non-condensable hydrocarbon gases, under normal conditions, with H₂, CO, CO₂, water vapour. This gas is called synthesis gas or syngas. The most abundant hydrocarbon is usually methane, followed by ethane, propane, butane in different configurations. The composition of the syngas depends on the process conditions and on the processed raw material. This syngas can be used for chemical processes, as fuel for electricity generation, for a cogeneration system, or as fuel for the pyrolysis process itself. The use as fuel in the pyrolysis process itself provides high energy efficiency and has a low carbon footprint.

The solid fraction is formed by carbon materials. In this fraction the inorganic salts and the carbon fibres present in the raw material and carbonaceous materials are concentrated. This solid is called char or biochar depending on the raw material processed. Glass or carbon fibres treated by thermochemical process can be separated from carbon and used for various uses. In the coming years, markets of this type of products will emerge for less technical uses than composites. An example is the use of recycled fibres in the manufacture of asphalt pavements, rubber, or concrete pavements.

The liquid fraction is formed by a mixture of aqueous and organic products. The aqueous fraction is composed of oxygenated compounds mainly derived from cellulose and hemicellulose cracking. The organic fraction is a mixture of hydrocarbons useful as fuel or as raw material for plastic production. In the car fluff there are components with a lot of interest at the chemical level.

Depending on thermochemical technology, this liquid fraction can be generated as a single fraction or as two fractions. At industrial level, the technology that generates the liquid fraction separately represents an important advance in industrialization.

The thermochemical transformation of products derived from cellulose, cotton and other vegetable fibres is similar, in a way, to that generated by lignocellulose biomass.

After analysing the chemical composition of the major components present in car fluff, it is observed that all are processable by thermochemical technology. The more complex carbonaceous materials will give solid products in the form of char. This char will be mixed with the mineral fillers used in plastics, as well as with the fibres used in composites.

Due to the materials and their composition, it is necessary that the industrial technology is designed for the processing of car fluff residues as they are currently produced in vehicle fragment plants. Therefore, the industrialization of these technologies must be able to treat the mix of current materials of the car fluff, pulper and future mixtures. Every time cars are going to carry more plastics and these plastics are going to be increasingly complex.

A simple formula is based on mass balances, the matter that enters as waste corresponds to the sum of gases, condensable gases (liquids) and solids.

At the experimental level, a first approximation of the behaviour of the different materials under pyrolysis conditions can be estimated based on thermogravimetries (TGA) in the absence of oxygen, usually carried out with nitrogen and with different temperature ramps (5, 10, 20 or 50 °C / minute). They offer valuable information on loss of mass depending on the increase in temperature, depending on the slope of the curve, it provides information on decomposition and, depending on the final shape, it provides information on inorganic or carbonaceous materials that are not thermally degraded by cracking reactions.

The patented technology by NEOLIQUID allows quality recycling through the conversion of plastic waste and materials derived from other natural polymers into a synthetic crude oil.

Synthetic crude oil can be used as a raw material in chemical processes for the production of new plastics or as an advanced biofuel. In both cases it has a low carbon footprint. At chemical level, the new plastics produced with this liquid will be of high quality, it will allow its additivities and use in complex applications such as those required for vehicles.

The liquids produced by the thermochemical process under pyrolysis conditions of NEOLIQUID technology are light hydrocarbons similar to a pyrolysis naphtha stream of a conventional refinery. This is a gasoline with a high content of aromatic components, this characteristic makes it very interesting as a raw material for the petrochemical industry. Globally, petroleum-derived pyrolysis naphtha is a commodity, that is a commercial raw material used for the plastics industry.

Therefore, the thermochemical processes of the waste are a key application to close the cycle of the plastic materials that are inside the pulper and Car Fluff.

Industrial plants must meet the following requirements:

A.- Specific design for multi-materials waste

The residual materials present in the pulper and Car Fluff are of very variable, changing composition and are characterized by different mixtures of materials. It is important that the technology is designed for multi-materials mixtures.

B.- Operation that allows obtaining valuable products

The most important thing is that the technology makes it possible to obtain liquid products that are used as raw material in the chemical industry. The hydrocarbon mixture can also be used as advanced second-generation biofuel or recycled carbon fuel, as established by the Renewable Energy Directive.

C.- Compliance with legislation

The technology must comply with waste legislation and must be a key application that enables the recycling of high-quality plastic materials and the closing of the materials cycle.

D.- Technology with high rate of Circular Economy

Technology should enable the recycling of high-quality material. The path involves obtaining stable pyrolysis oil that can be used as a raw material for chemical processes.

In the case of pyrolysis, the main characteristics related to the circular economy are sustainability verification, carbon footprint reduction and material recovery of waste. Neo-liquid's studied technology means a carbon footprint reduction of more than 95%.

3. Study mass balance

The yields of the different pyrolysis products largely depend on the reaction conditions and the mixture of the different polymers present. The balances obtained by NEOLIQUID technology are within the ranges obtained by various authors under pyrolysis conditions

In the following tables, typical values as well as a range of the mass balance are presented, including the technical characteristic and limitations for the feedstock material.

| FEEDSTOCK | |
|------------------------------|--------------|
| PCI (Kcal/Kg) | 7.500- 8.000 |
| Humidity | < 15% |
| Particle size (cm) | 3-5 |
| Clorine | < 0,2 % |
| Sulfur | < 0,3% |
| Density (Kg/m ³) | >70 |
| Biomass (paper, wood ...) | < 25% |
| Plastic | >75% |

Tab. 1 – Feedstock (Neoliquid internal calculations)

| OUTLET BALANCE | | | |
|-----------------------|-------------|-------|----------|
| | % CSR INLET | ton/h | ton/year |
| CRUDE OIL | 45% | 0,554 | 3600 |
| CHAR | 18% | 0,222 | 1440 |
| WATER | 10% | 0,123 | 800 |
| NO CONDENSABLE GAS | 27% | 0,332 | 2160 |

Tab. 2 – Outlet balance. (Neo-liquid internal calculations)

| | | |
|-----------------------------------|--|-------|
| PLANTS | | 1 |
| Bioliquid yearly production (t/y) | | 3.600 |
| Char yearly production (t/y) | | 1.440 |
| WORKING HOURS | | |
| Yearly working hours (h) | | 6.500 |
| Yearly working days (d) | | 270 |

Segue

| | |
|---------------------------|-------|
| Daily working hours (h) | 24 |
| CSR INLET | |
| Year CSR quantity (t/y) | 8.000 |
| Daily CSR quantity (t/d) | 29,6 |
| Hourly CSR quantity (t/h) | 1,235 |

Tab. 3 – Working time. (Neo-liquid internal calculations)

4. Basic BP

The business plan for this kind of project, strongly depends on the cost of dumping the waste material in traditional landfills or incinerators. In our particular case, we will use an average value of 170 €/ton (8.000 ton/year). To have access to this value, the material has to be selected and certified, otherwise, the cost will rise over 200 €/ton (from internal discussions with landfill and incinerator management teams in North Italy)

The bio-liquid (3.600 ton/year for our case study) has been in the market for now more than 5 years, and the last average values oscillate from 550€/ton to 750€/ton.

Including all operational costs (labour is the main voice, electricity, raw materials, maintenance, quality control ...) below 1M€/year, the investment, including financial costs, will be fully paid in less than 36 months.

5. Conclusions

The Neo-liquid technology is the only one present and operating at industrial level in the market. The treatment of pulper and car-fluff feedstock has been presented ad its economic and environmental advantages shown. This technology presents a step forward to solve the industrial waste problem, by the recycle and valorisation of the waste material, looking forward towards the complete circular economy.

References

- [1] Jason J.S. Lee, John P.T. Mo, Dong Yang Wu, (2012), *Polymer Recovery from Auto Shredder Residue by Projectile Separation Method, Sustainability*, 4, 643-655.
- [2] Diaz Silvarrey, L.S., Phan, A.N., (2016). *Kinetic study of municipal plastic waste. International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 16352-16364.
- [3] Encinar, J.M., González, J.F., (2008). *Pyrolysis of synthetic polymers and plastic wastes. Kinetic study. Fuel Processing Technology*, 89, 678-686.
- [4] Miranda, R., Yang, J., Roy, C., Vasile, C., (2001), *Vacuum pyrolysis of commingled plastics containing PVC I. Kinetic study. Polymer Degradation and Stability*, 72, 469-491.
- [5] Chao-Hsiung Wu, Ching-Yuan Chang, Jwo-Luen Hor, (1993), *On the thermal treatment of plastic mixtures of MSW: Pyrolysis Kinetics, Waste Management*, 13, 221-235.
- [6] EU Communication, (2018), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and Social Committee and the committee of the regions. (2018) A European strategy for plastic in a circular economy, COM(2018) 28 final, Brussels,16.1.2018.*
- [7] EU Directive, (2019), *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, OJ L 328, 21.12.2018, p. 82-209.*

Recupero del fosforo da ceneri di fanghi di depurazione

*Roberto Canziani roberto.canziani@polimi.it, Andrea Turolla, Gaia Boniardi
Politecnico di Milano, Milano*

Riassunto

Il presente lavoro documenta lo sviluppo e l'applicazione di una semplice e replicabile procedura di estrazione e precipitazione del fosforo contenuto nelle ceneri dei fanghi di depurazione, fonte secondaria di recente interesse. Data la mancanza di studi approfonditi sul recupero da ceneri di fanghi italiani, il presente elaborato propone sia una metodologia per verificare la fattibilità ed efficienza del recupero sia una sintetica valutazione economica. L'approccio presentato è coerente con i principi dell'economia circolare in cui il prodotto recuperato dalle ceneri (contenente fosfato di calcio) assume nuovamente valore per un suo utilizzo nell'industria dei fertilizzanti rinnovabili.

Summary

This work presents the development and application of a simple and replicable procedure for the extraction and precipitation of phosphorus contained in the ashes of sewage sludge, a secondary source of recent interest. Given the lack of in-depth studies on the recovery of phosphorus from sewage sludge ashes in Italy, this work proposes both a methodology to verify the feasibility and efficiency of recovery and a synthetic economic evaluation. The approach presented is consistent with the principles of the circular economy in which the product recovered from the ashes (containing calcium phosphate) regains value for its use in the renewable fertilizer industry.

1. Introduzione

Il fosforo è una risorsa primaria e un elemento essenziale per tutti gli organismi viventi poiché è coinvolto in numerosi processi metabolici, fonte indispensabile per la crescita delle colture e, pertanto, di grande importanza per l'industria dei fertilizzanti. La crescente domanda della produzione di cibo e il progressivo aumento della popolazione, in concomitanza con una bassa efficienza di utilizzo del fosforo in agricoltura, hanno causato un graduale impoverimento delle riserve naturali di fosforo. Queste ultime risultano concentrate in pochi Stati (Marocco, Cina e Stati Uniti), i quali gestiscono le esportazioni secondo interessi nazionali, con conseguenti fluttuazioni dei prezzi [1]. Oltre a questo e grazie a una maggiore consapevolezza dell'importanza di una economia circolare e di uno sviluppo sostenibile, sono state promosse soluzioni alternative all'estrazione da fonti minerali naturali. Ne è un esempio il recupero di fosforo da materie prime secondarie, quali i fanghi di depurazione, i quali generalmente contengono dall'1 al 5% in peso di fosforo [2]. Negli ultimi 10 anni si è osservato un progressivo incremento della produzione di fango in Europa, da 7.8 a 9.6 milioni di tonnellate tra il 2006 e il 2017 (escludendo i dati relativi alla Turchia) [3], trend che è destinato ad aumentare in futuro poiché in molti Paesi i servizi di fognatura e depurazione non coprono tutto il territorio e molti depuratori saranno prossimamente dotati di filtrazione finale. Alla tendenza all'aumento della produzione di fango annuo si affiancano limiti più restrittivi in

materia di spandimento in agricoltura. Per questi motivi in molti Paesi sono state applicate soluzioni differenti di smaltimento dei fanghi, incluso l'incenerimento. Le ceneri prodotte da questo processo contengono infatti una elevata quantità di fosforo (5-11%) [4], comparabile con rocce fosfatiche di medio grado e che può essere recuperata con diverse tecnologie. Tra le più promettenti si evidenziano i processi PASCH, LEACHPHOS, EcoPhos, RecoPhos che si basano sul metodo dell'estrazione chimica [5]. Nonostante tale tecnica permetta un'elevata efficienza di estrazione (60-90% rispetto alla quantità di fosforo influente all'impianto di trattamento) [5], sono attualmente necessari ulteriori studi sull'influenza dei principali parametri operativi, sull'ottimizzazione del consumo di reagenti chimici e produzione di sottoprodotti, in vista di un possibile sviluppo industriale dei processi. Ad oggi, infatti, a causa degli elevati costi di produzione (1-5 €/kg di fosforo recuperato) [5], la maggior parte delle tecnologie che si occupa di recupero del fosforo è stata implementata a scala di laboratorio o pilota e l'estrazione da rocce fosfatiche risulta sinora vantaggiosa economicamente. Tuttavia, il graduale impoverimento delle riserve e la prevedibile diminuzione della qualità porteranno ad un aumento di prezzo negli anni avvenire.

Nasce quindi la necessità di investigare, in prima istanza a scala di laboratorio, la possibilità di recuperare il fosforo da ceneri di fanghi di depurazione tramite una procedura di estrazione sostenibile e replicabile. Una prima fase di analisi ha permesso di valutare l'influenza dei diversi parametri operativi sull'efficienza di estrazione quali tipo di acido, concentrazione, rapporto liquido-solido e tempo di contatto, da cui è stato successivamente possibile ricavare le condizioni ottimali. Esse sono state applicate alle ceneri dei diversi campioni analizzati nel presente lavoro. Sono quindi state condotte diverse prove di lisciviazione e precipitazione in batch su ceneri di diversa origine: tre campioni di fanghi italiani sono stati inceneriti in muffola, mentre altri due sono stati raccolti da impianti a scala reale siti nella città di Karlsruhe (DE) e Zurigo (CH), per rappresentare ceneri derivanti da processi di incenerimento a scala reale. Tale confronto ha permesso di provare la procedura di estrazione su diverse matrici, nazionali e straniere. Infine, dai risultati di laboratorio ottenuti, è stato possibile condurre una sintetica valutazione economica, investigando l'incidenza del costo di recupero di fosforo sulla tariffa annua media del servizio idrico integrato.

2. Relazione

2.1 Metodologia

La metodologia per il recupero del fosforo dalle ceneri di fanghi di depurazione si basa principalmente sull'estrazione chimica mediante l'impiego di acidi (quali ad esempio solforico, nitrico, cloridrico), seguita da precipitazione con idrossido di calcio. Questa metodologia è stata recentemente oggetto di notevole interesse di ricerca, con la finalità di individuare i parametri operativi ottimali [6-9]. Questi studi hanno mostrato la possibilità di raggiungere elevata efficienza di recupero di fosforo (70-90%) mediante l'utilizzo di acido solforico. La procedura adottata nella presente ricerca, basata sui risultati ottenuti nei lavori citati, è costituita dalle seguenti fasi principali: preparazione e caratterizzazione dei campioni, estrazione chimica e precipitazione. Lo schema illustrativo di Fig. 1 offre una visione grafica dettagliata delle fasi della procedura adottata.



Fig. 1 – Schema illustrativo della procedura adottata

2.1.1 Preparazione e caratterizzazione dei campioni

Sono stati raccolti tre campioni di fango essiccato provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue situati nella periferia di Milano, quali San Giuliano Ovest (campioni C1, C2) e Milano Sud San Rocco (campione C3). Dopo aver determinato il contenuto di solidi totali e volatili secondo procedura standard (essiccamento a 105 °C e 600 °C rispettivamente), è stato simulato il processo di incenerimento a 850 °C per 2 ore utilizzando una muffola da laboratorio. Per garantire la riproducibilità della procedura utilizzata e rappresentatività di condizioni reali, sono stati raccolti altri due campioni di ceneri (C4, C5) derivanti da inceneritori a piena scala (forno a letto fluido) siti nella città di Karlsruhe e Zurigo, rispettivamente. Tutti i campioni sono stati sigillati in contenitori di plastica a temperatura ambiente e inviati al laboratorio per successive analisi. L'analisi del fosforo nelle ceneri è stata condotta mediante mineralizzazione acida con acido nitrico e successiva analisi spettrofotometrica dell'eluato. Il contenuto di metalli pesanti (As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) è stato analizzato tramite procedura di digestione delle ceneri con acqua regia seguita da analisi con ICP-MS. Anche la presenza degli elementi più abbondanti come Ca, Mg, Fe e Al è stata investigata utilizzando ICP-MS, mentre la struttura cristallina delle ceneri (imputabile ai minerali presenti) è stata analizzata con XRD in collaborazione con l'Università degli Studi di Brescia.

2.1.2 Procedura di estrazione

Le prove di estrazione mediante lisciviazione acida sono state condotte in doppio, in batch, a temperatura ambiente, con differenti condizioni operative (concentrazione di acido, rapporto liquido-solido, tempo di contatto). La soluzione estraente è stata preparata dosando acido solforico (H_2SO_4) puro al 96% diluito in acqua ultra-pura, mentre il contatto tra acido e particelle di cenere è stato garantito da un agitatore magnetico. Passato il tempo di contatto (2 h), i campioni sono stati posti in centrifuga a 3500 giri al minuto per 10 minuti e immediatamente filtrati a 0,45 μm per facilitare la separazione solido-liquido. Il residuo solido rimasto sul filtro è stato analizzato con la stessa procedura indicata nella sezione 2.1.1 per la caratterizzazione delle ceneri. L'analisi delle concentrazioni di metalli pesanti ed elementi più abbondanti (Ca, Mg, Fe, Al) nel lisciviato sono state condotte con ICP-MS, mentre la concentrazione di fosfato è stata determinata per via spettrofotometrica, dopo aggiustamento del pH. Per la successiva fase di precipitazione, sono stati raccolti circa 50 mL di lisciviato, fortemente acido (pH minore di 1.5).

2.1.3 Procedura di precipitazione

Il fosfato presente nel lisciviato in forma disciolta è stato precipitato con latte di calce all'1% in peso. Quest'ultimo è stato gradualmente aggiunto al lisciviato sino al raggiungimento di un pH finale pari a circa 9, per garantire la precipitazione del fosfato di calcio. Dopo aver filtrato a 0.45 µm la sospensione ottenuta, il contenuto di fosfato nel filtrato è stato analizzato con un kit di analisi chimica in cuvette (Hach LCK 348), mentre la massa di fosforo precipitata è stata calcolata come bilancio di massa tra la soluzione filtrata e precipitato. Il materiale precipitato è stato quindi essiccato per 48 h a temperatura ambiente e pesato. Il contenuto di fosforo è stato calcolato dividendo la massa di fosforo presente nel precipitato per la massa totale delle ceneri.

2.2 Risultati e discussione

I risultati mostrati nel presente lavoro confermano la possibilità di recuperare il fosforo contenuto nelle ceneri di fanghi tramite lisciviazione acida. L'elevata quantità di fosforo presente nella matrice solida (7.5-9.6%) risulta quindi paragonabile al quantitativo di fosforo in rocce fosfatiche di medio grado e mostra un'elevata efficienza di estrazione (54-90%). Tuttavia, l'origine del fango e il layout dell'impianto di trattamento delle acque reflue possono influenzare la percentuale di fosforo presente e l'efficienza di recupero. Per questo motivo, si è scelto di raccogliere fanghi di diversa origine: l'impianto di San Giuliano Ovest opera rimozione del fosforo dalla linea acque mediante precipitazione chimica con sali di ferro, mentre l'impianto di Milano Sud San Rocco utilizza la rimozione biologica. Come riportato dagli studi condotti da Cohen et al. [10], anche nel nostro caso il maggiore contenuto di fosforo è stato riscontrato nel fango derivante da rimozione biologica. Tuttavia, si è ottenuta una minore efficienza di estrazione e rimangono quindi da approfondire temi quali la speciazione del fosforo nelle ceneri e l'influenza della distribuzione granulometrica delle particelle. In aggiunta ai risultati ottenuti con la parte sperimentale, si è condotta una semplice valutazione economica della fattibilità del recupero da ceneri di fango che ha dato riscontro positivo con un incremento della tariffa annua di acqua dello 0.5% equivalente a 0.73 €/ab/anno.

Nei paragrafi successivi si illustrano in dettaglio i risultati delle analisi di caratterizzazione delle ceneri, l'efficienza di estrazione del fosforo ottenibile, il contenuto di fosforo nel prodotto recuperato e alcune valutazioni preliminari sulla fattibilità economica del processo di estrazione chimica.

2.2.1 Composizione delle ceneri ed efficienza di estrazione

Il contenuto di fosforo dei diversi campioni, comparabile con i valori riportati in letteratura ([9], [11], [12]) e le concentrazioni degli elementi più abbondanti (Fe, Al, Ca, Mg), sono indicati in Tab. 1 come media di due campioni analizzati per ogni tipologia di fango.

| Campione | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Origine | ITA | ITA | ITA | DE | CH |
| Incenerimento in muffola | sì | sì | sì | no | no |
| P (g/kg) | 75.5 | 84.2 | 96.0 | 93.0 | 86.3 |
| Fe (g/kg) | 87.2 | 137.9 | 26.2 | 20.8 | 52.0 |
| Al (g/kg) | 49.3 | 24.6 | 18.7 | 32.9 | 17.5 |
| Ca (g/kg) | 80.9 | 47.4 | 36.8 | 96.3 | 111.0 |
| Mg (g/kg) | 10.0 | 7.5 | 13.7 | 9.1 | 12.4 |

Tab. 1 – Elementi più abbondanti presenti nelle ceneri

Per ciò che riguarda il contenuto di metalli pesanti, l'analisi con ICP-MS (non mostrata) ha evidenziato la presenza di zinco e rame in elevate concentrazioni (1005-3502 mg/kg per Zn e 700-1410 mg/kg per Cu). Pb, Ni, Cr e As risultano invece presenti in minori quantità.

Il grafico in Fig. 2 mostra l'efficienza di estrazione per i cinque campioni analizzati nonché la concentrazione di fosforo nelle ceneri e nel lisciviato. Le prove batch sono state condotte utilizzando le condizioni ottimali ottenute dalla prima fase di sperimentazione ovvero: concentrazione di acido solforico pari a 0.4 N, rapporto liquido-solido pari a 20 e tempo di contatto pari a 2 ore.

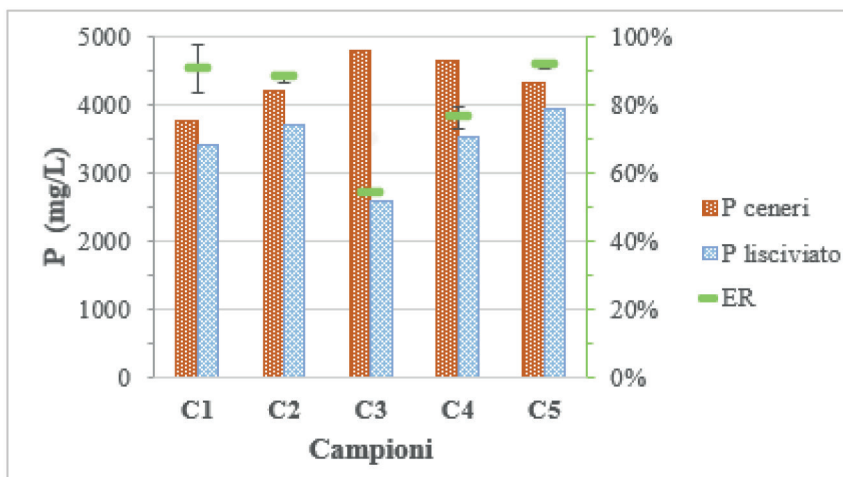


Fig. 2 – Concentrazione di fosforo (nelle ceneri e nel lisciviato) ed efficienza di recupero (ER) per i cinque campioni analizzati

I campioni C1, C2, C4 e C5 hanno raggiunto una percentuale di estrazione compresa tra il 70 e il 90%, mentre il campione C3 pari al 54%. Future analisi su potere tampone delle ceneri, dimensione delle particelle e speciazione del fosforo saranno in grado di chiarire in modo più approfondito questa minore efficienza di estrazione.

2.2.2 Caratteristiche del prodotto recuperato

Il prodotto recuperato dalla precipitazione chimica con latte di calce presenta un contenuto di fosforo tra il 4 e il 10% e concentrazione di metalli pesanti ben al di sotto dei limiti legislativi.

2.2.3 Valutazione economica

Nonostante gli evidenti benefici ambientali ottenuti dal riciclo di materie di scarto, le esistenti tecnologie per il recupero di fosforo non sono ad oggi economicamente convenienti, poiché presentano maggiori costi di produzione rispetto all'estrazione da rocce fosfatiche. Tuttavia, considerando il prevedibile aumento del costo dell'estrazione di fosforo minerale dato dal progressivo esaurimento delle riserve e diminuzione della qualità, il recupero da fonti secondarie tra qualche anno risulterà vantaggioso anche da un punto di vista economico. La valutazione di seguito proposta permette di confrontare, in primo luogo, il costo di estrazione di fosforo tra matrici minerali vergini (rocce di fosforite) e di recupero (ceneri di fanghi di depurazione) e, in secondo luogo, l'incidenza del recupero di fosforo sulla tariffa annua del servizio idrico, a carico del cittadino utente.

Attualmente, il prezzo di estrazione del fosforo da rocce fosfatice risulta equivalente a 65-70 €/ton (<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rock-phosphate>), che corrisponde a 0.5 €/kg di fosforo, se si assume un contenuto di P₂O₅ nelle rocce fosfatice pari al 30% [13]. I costi di produzione del prodotto recuperato dalle ceneri, invece, sono dell'ordine di 3 €/kg di fosforo [5]. Considerando però i risparmi dei costi di smaltimento delle ceneri pari a 0.15 €/kg e il valore di pareggio per vendere il prodotto recuperato pari a 0.35 €/kgP (0.5-0.15 = 0.35 €/kg), si ottiene un nuovo valore del costo di produzione pari a 2.65 €/kg P (3-0.35 = 2.65 €/kgP). Questo valore moltiplicato per la quantità di fosforo recuperato per abitante al giorno permette di avere un'idea del prezzo di recupero espresso in €/ab/anno. Nello specifico, tenendo in considerazione l'apporto pro capite medio di fosforo in ingresso a un impianto di trattamento delle acque reflue (1.8 g/ab/giorno) e assumendo un'efficienza di recupero pari al 60%, si ottiene la quantità di fosforo recuperabile che risulta equivalente a 0.4 kgP/ab/anno. Moltiplicando questo valore per il costo del recupero da ceneri (2.65 €/kg P) si ottiene 1.06 €/ab/anno.

D'altra parte, se si considera una tariffa media d'acqua di 2 €/m³ e una porta di scarico di 0.2 m³/ab/giorno, si ottiene 140 €/ab/anno. Il potenziale costo del recupero di fosforo risulta così essere minore dell'1% della tariffa annua media del servizio idrico integrato in Italia. In aggiunta, tenendo in considerazione la quantità di fango prodotta ogni anno (10 kgSS/ab/anno), la rispettiva quantità di ceneri (3 kg/ab/anno) e il costo del mancato smaltimento di quest'ultima in discarica (0.11 €/kg) si ottiene un risparmio di 0.33 €/kg/ab/anno. Sottraendo questo importo al costo di recupero da ceneri precedentemente calcolato, si ottiene 0.73 €/ab/anno (1.06-0.33 = 0.73 €/ab/anno) che risulta pari allo 0.5% dell'intera tariffa annua di acqua.

3. Conclusioni

Il lavoro riporta l'applicazione di una metodologia semplice di estrazione su ceneri derivanti da fanghi di depurazione e una sintetica valutazione sull'impatto economico del processo di recupero del fosforo. Si conclude che:

- Ceneri di fanghi di origine nazionale presentano caratteristiche simili a quelle di origine straniera in termini di concentrazione di fosforo, metalli pesanti ed elementi più abbondanti. Risultano perciò idonei alla procedura di estrazione, in linea con le osservazioni riportate in contesto internazionale.
- La metodologia proposta, semplice e ripetibile, permette di raggiungere elevate efficienze di estrazione, sebbene alcuni aspetti quali l'influenza dei parametri operativi, l'ottimizzazione del consumo di reagenti e produzione di sottoprodotti, la speciazione del fosforo nelle ceneri, il potere tampone e la distribuzione granulometrica delle particelle necessitano di ulteriori approfondimenti.
- Una sintetica valutazione economica ha quantificato il costo del recupero del fosforo dalle ceneri dei fanghi in circa lo 0.5% della tariffa dell'acqua praticata dal gestore all'utente del servizio idrico. Con il progressivo aumento del prezzo del fosforo da fonti minerali naturali, la valorizzazione del prodotto recuperato diminuirebbe ulteriormente questo onere.

Bibliografia

- [1] Meng X., Huang Q., Xu J., Gao H., Yan J. *A review of phosphorus recovery from different thermal treatment products of sewage sludge*. Waste Disposal & Sustainable Energy 1(2) 99–115 (2019).
- [2] Cieřlik, B., Konieczka, P. *A review of phosphorus recovery methods at various steps of wastewater treatment and sewage sludge management. The concept of "no solid waste generation" and analytical methods*, Journal of Cleaner Production, 142 1728–1740 (2017).
- [3] Eurostat, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wv_spd&lang=en
- [4] Ottosen L. M., Kirkelund G. M., Jensen P. E. *Extracting phosphorous from incinerated sewage sludge ash rich in iron or aluminum*, Chemosphere 91(7) 963–969 (2013).

- [5] **Egle L., Rechberger H., Krampe J., Zessner M.** *Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies*, Science of the Total Environment 571 522–542 (2016).
- [6] **Fang, L., Li, J. shan, Guo, M. Z., Cheeseman, C. R., Tsang, D. C. W., Donatello, S., Poon, C. S.** *Phosphorus recovery and leaching of trace elements from incinerated sewage sludge ash (ISSA)*, Chemosphere 193 278–287 (2018).
- [7] **Wang, Q., Li, J. shan, Tang, P., Fang, L., Poon, C. S.** *Sustainable reclamation of phosphorus from incinerated sewage sludge ash as value-added struvite by chemical extraction, purification and crystallization*, Journal of Cleaner Production 181 717–725 (2018).
- [8] **Li, J. shan, Tsang, D. C. W., Wang, Q. ming, Fang, L., Xue, Q., Poon, C. S.** *Fate of metals before and after chemical extraction of incinerated sewage sludge ash*, Chemosphere 186 350–359 (2017).
- [9] **Abis, M., Calmano, W., Kuchta, K.** *Innovative Technologies for Phosphorus Recovery From Sewage Sludge Ash*, Detritus Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues 01 23–29 (2018).
- [10] **Cohen, Y.** *Phosphorous dissolution from ash of incinerated sewage sludge and animal carcasses using sulphuric acid*, Environmental Technology 30 1215–226 (2009).
- [11] **Biswas, B. K., Inoue, K., Harada, H., Ohto, K., Kawakita, H.** *Leaching of phosphorus from incinerated sewage sludge ash by means of acid extraction followed by adsorption on orange waste gel*, Journal of Environmental Sciences 21(12) 1753–1760 (2009).
- [12] **Donatello, S., Tong, D., & Cheeseman, C. R.** *Production of technical grade phosphoric acid from incinerator sewage sludge ash (ISSA)*. *Waste Management* 30(8–9) 1634–1642 (2010).
- [13] **Canziani R., Di Cosmo R.** *Stato dell'arte e potenzialità delle tecnologie di recupero del fosforo dai fanghi di depurazione (State of the art and potential of phosphorus recovery technologies from sewage sludge)*. *Ingegneria dell'Ambiente* 5(3) 149–170 (2018).

Tecnologie di trattamento dei poliaccoppiati a base cellulosica: stato dell'arte

Claudio Lena lena@eco.unicas.it, Lucia Pirollo

Dipartimento di Economia e Giurisprudenza, Università degli studi di Cassino e del Lazio meridionale

Riassunto

I poliaccoppiati utilizzati nel mercato dei prodotti alimentari sono imballaggi altamente ingegnerizzati e performanti, garantiscono una maggiore resistenza e protezione e prolungano la freschezza dei prodotti ma pongono seri problemi per il loro riciclo, stante l'elevata quantità che se ne produce in Italia ed in tutto il mondo.

Il presente lavoro prende in esame le modalità di trattamento, dalla raccolta differenziata al riciclo, attraverso un'analisi a livello nazionale e regionale dei dati forniti dai consorzi, da piattaforme, cartiere, ecc. Particolare attenzione verrà posta sui nuovi metodi innovativi, messi a punto in questi ultimi anni, ma già sperimentati dal 2000, indirizzati verso una loro migliore valorizzazione.

Summary

The poly laminates used in the food product market are highly engineered and performing packaging, they guarantee greater resistance and protection and prolong the freshness of the products but pose serious problems for their recycling, given the high quantity that is produced in Italy and in Worldwide.

This work examines the methods of treatment, from separate collection to recycling, through a national and regional analysis of the data provided by consortia, platforms, paper mills, etc. Particular attention will be placed on the new innovative methods, developed in recent years, but already tested since 2000, aimed at their better exploitation.

1. Introduzione

Gli imballaggi in poliaccoppiato introdotti nel mercato dei prodotti alimentari per garantire una maggiore resistenza e protezione e una migliore conservazione di svariate tipologie di prodotti e in base al tempo di vita commerciale del prodotto può essere costituito da carta, plastica ed alluminio oppure da carta e plastica. Il primo tipo permette una lunga conservazione dei cibi, compresa tra i sei ed i ventiquattro mesi, a temperatura ambiente; il contenitore di carta e plastica è invece impiegato per la breve conservazione di cibi freschi a basse temperature. La sua capacità di conservare gli alimenti per lunghi periodi, preservandone le proprietà nutrizionali ed il sapore, è dovuta ai sei strati di materiali che lo compongono: quattro strati in polietilene, uno in carta ed uno in alluminio (Figura 1).

Il polietilene funge da impermeabilizzante, proteggendo il prodotto dall'umidità esterna, e da legante per i diversi materiali, la carta e l'alluminio agiscono da barriera verso l'effetto della luce, dell'ossigeno e dei gas e conferiscono stabilità [1]. Inoltre, l'imballaggio è leggero, ma-

neggevole e versatile, tutte caratteristiche di notevole importanza per la grande distribuzione: lunga permanenza nei magazzini senza il problema delle brevi scadenze, riduzione del numero dei carichi per l'ottimizzazione della disposizione di impilaggio nei mezzi di trasporto. La composizione del poliaccoppiato però può variare a seconda delle specifiche esigenze dell'alimento:

a) cartoni per bevande e cibi liquidi – poliaccoppiati rigidi (es. latte e i succhi di frutta), le cui concentrazioni relative tra cartone, polietilene e alluminio sono circa del 75 % per il primo materiale, seguito dal 20 % di polimero e dal 5 % di metallo; nel caso in cui l'alimento sia invece da conservare in frigorifero dalla struttura nella composizione sono assenti sia lo strato di alluminio sia quello di polietilene compreso tra il metallo ed il cartone ed avente la funzione di collante. Anche il rapporto tra la carta ed il polimero varia e le concentrazioni si attestano a circa l'89 % e l'11% rispettivamente [2];

b) confezioni di prodotti da forno - poliaccoppiati flessibili da converter (es. involucri per biscotti, pasta) la cui concentrazione è del 73% di plastica, il 25% di carta, e il 2% di alluminio [3].

Attualmente l'impiego dei poliaccoppiati a base cellulosica prevede, oltre ai prodotti lattiero – caseari (latte liquido, concentrato o in polvere; panna; prodotti fermentati) e alle bevande a base frutta oppure vegetali, a quelle gassate e non gassate ed al tè, anche alcuni tipi di formaggi a pasta molle, prodotti da forno, surgelati, caffè, gelati in varie tipologie di somministrazione e cibi pronti (come zuppe, pomodoro, prodotti spalmabili e salse.

Nello specifico il 68,3 % delle bevande a base di frutta è commercializzata in Italia in confezioni con tecnologia Tetra Pak® mentre la plastica singolo strato e il vetro si attestavano rispettivamente al 24,3 % e 6,8 %.

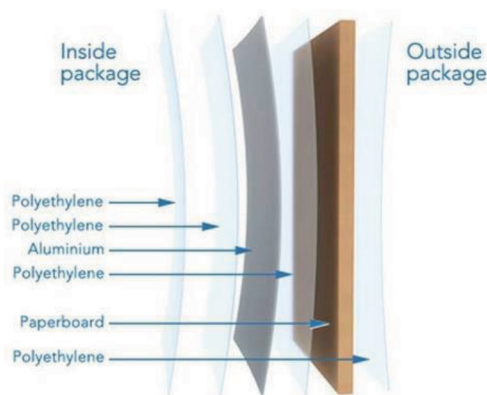


Fig. 1 – Schema di poliaccoppiato

2. Il consumo e la gestione del rifiuto poliaccoppiato a base cellulosica

Nel 2019 la produzione italiana di imballaggi vuoti ha superato 16,7 milioni di tonnellate, con un fatturato nazionale di 33,5 miliardi di euro, registrando una crescita dell'1% circa, mentre nel 2020 si prevede una flessione anche per il settore del packaging dovuta al fermo quasi totale della produzione manifatturiera e al calo delle esportazioni [4].

Nel corso del 2019 in Italia è stato avviato a riciclo il 70% dei rifiuti di imballaggio: un totale di 9 milioni e 560mila tonnellate sui 13 milioni e 655mila immessi al consumo. Un incremento del 3,1% rispetto ai quantitativi del 2018, che aveva visto riciclare 9 milioni e 270mila ton-

nellate. La crescita è trainata essenzialmente da un aumento del 6,2% nel riciclo dei rifiuti provenienti dalla raccolta urbana [5].

L'ampia diffusione dei cartoni per bevande nel nostro Paese ha portato ad una produzione di poliaccoppiati rigidi di circa 139.000 t/anno e di 401 t/anno di imballaggi flessibili. I dati evidenziano come nell'ultimo decennio si sia verificata un'importante crescita del loro utilizzo, la produzione è passata da 132.000 a 139.000 tonnellate, con livelli di produzione stabili, contrariamente ad altri sistemi di imballaggio come acciaio, alluminio, e legno, che hanno subito una riduzione, in alcuni casi persino del 6% rispetto all'anno precedente.

A livello mondiale circa l'80% del mercato dei contenitori poliaccoppiati è detenuto dalla Tetra Pak che nel 2016 ha prodotto 188 miliardi di contenitori con un fatturato pari a 11,4 miliardi. Il consumo nazionale è invece di 4,5 miliardi di contenitori (alimenti liquidi e solidi). Partendo dai dati a disposizione che indicano che nel 2016 sono state raccolte e riciclate in Italia oltre 26.000 tonnellate di confezioni pari a circa 1,5 miliardi di contenitori provenienti dai 5.300 comuni che raccolgono il Tetra Pak, risulta evidente che ogni anno oltre 3 milioni di confezioni non vengono riciclate [5].

| | 2017 | 2018 | Var. % 18/17 | 2018 (1) | Var. % 19/18 |
|--|--------|--------|-----------------|-------------|-----------------|
| Acciaio | 676 | 679 | 0,40% | 661 | -2,70% |
| Alluminio | 124,1 | 124,7 | 0,50% | 118 | -5,60% |
| Cellulosici | 5.170 | 5.273 | 2,00% | 5.431 | 3,00% |
| Contenitori rigidi poliaccoppiati | 139 | 139 | 0,00% | 139 | 0,00% |
| Legno | 2.613 | 2.731 | 4,50% | 2.594 | -5,00% |
| Plastica | 2.974 | 3.003 | 1,00% | 3.063 | 2,00% |
| Imballaggi flessibili | 382 | 391 | 2,50% | 401 | 2,50% |
| Vetro | 4.049 | 4.049 | 0,00% | 4.170 | 3,00% |
| Altro | 28 | 28 | 0,00% | 28 | 0% |
| Totale | 15.861 | 16.319 | 2,90% | 16.705 | 2,40% |

Tab. 1 – Produzione di imballaggi per categoria

Fonte: Istituto Italiano Imballaggio 2020

3. L'economia circolare del riciclo dei poliaccoppiati

Il settore cartario italiano, nel quale le materie prime utilizzate provengono per il 55% da fibre secondarie, è un esempio virtuoso di economia circolare. Per quanto riguarda gli imballaggi, l'80% dei packaging cellulosici immessi al consumo oggi vengono avviati a riciclo, ben oltre l'obiettivo minimo previsto dalla normativa vigente (60%) e quello previsto al 2025 (75%).

I poliaccoppiati a base cellulosica rappresentano una fonte importante di materia prima seconda e da alcuni anni sono stati avviati processi industriali di raccolta e selezione indirizzati verso una migliore valorizzazione in termini di riciclo di questi imballaggi.

La rivalorizzazione può essere fatta per recupero energetico, riciclo meccanico, processi di separazione chimico-fisici oppure puramente chimici.

3.1. Processi chimico-fisici

I processi di riciclo di tipo chimico – fisico oppure puramente chimico sono poco utilizzati a livello industriale perché richiedono, in primo luogo, importanti investimenti a livello impiantistico e sono altamente energivori; secondariamente, necessitano di solventi e reagenti che devono essere gestiti con apposite accortezze relativamente alla sicurezza; essi, inoltre, devono

essere opportunamente rigenerati, incidendo negativamente sui costi di gestione dell'impianto; infine, i processi sono molto specifici rispetto alla tipologia di poliaccoppiato che può essere separato, pertanto è richiesto un alto livello di separazione dei materiali in ingresso. Tali processi possono essere fatti sia a freddo sia a caldo. Nel primo caso, i poliaccoppiati sono immersi in una soluzione di acqua e solventi e posti in dei vibratorii ad ultrasuoni di grandi dimensioni per circa 48 ore. Se il processo è condotto "a caldo", invece, la permanenza del materiale a contatto di tensioattivi e acqua bollente oppure vapore è mantenuto per circa quattro ore, ad una temperatura di circa 200 °C [6].

3.2. Recupero energetico

Dato che oltre il 70% del cartone è costituito da cellulosa, i cartoni per bevande sono usati come combustibile all'interno di inceneritori. La percentuale di carta e di polietilene vanno incontro a combustione, permettendo di ottenere energia [7]. Il cartone brucia in modo pulito, i sottili strati di polietilene si trasformano in vapore acqueo ed anidride carbonica, mentre l'alluminio diventa ossido di alluminio, utilizzato poi nella produzione della carta. Due tonnellate di contenitori usati hanno un contenuto energetico pari a una tonnellata di petrolio. In questo caso è necessario gestire accuratamente i fumi di processo, oltre che i residui. Tale approccio, tuttavia, corrisponde alla diminuzione del valore del poliaccoppiato, in quanto il processo non sfrutta il valore intrinseco attribuito dalle lavorazioni subite, ma sfrutta semplicemente la capacità dei materiali di bruciare.

3.3. Riciclo in cartiera

Con queste tecniche si raggiunge la separazione completa dei materiali di partenza (alluminio, polietilene, carta). I cartoni di Tetra Pak vengono portati in cartiere dedicate al riciclo dei soli poliaccoppiati, dove la parte cellulosa viene separata da alluminio e polietilene grazie alla semplice azione centrifuga di un pulper ad alta densità che miscela il materiale in acqua. Senza l'aggiunta di alcun tipo di additivo chimico (le tre componenti sono incollate grazie all'azione del polietilene estruso a caldo e non di collanti), ma solo tramite l'azione meccanica dell'acqua e di una pala rotante, il poliaccoppiato si delamina, ossia i fogli di polietilene e alluminio si separano dalla carta. Le fibre di cellulosa possono essere recuperate separandole dal polietilene e dall'alluminio, per essere successivamente utilizzate nei prodotti di carta. Il polimero sarà sottoposto a rigranulazione: la carta inviata alla cartiera per il processo di riciclo; l'alluminio è reimmesso nel ciclo produttivo per riciclo con forni fusori. Infine il processo di riciclo per via puramente chimica prevede di utilizzare un apposito reagente che decompone il polietilene e lascia inalterato l'alluminio. Il metallo può essere quindi riciclato mediante processi di metallurgia secondaria, mentre il polimero sarà nuovamente sintetizzato dalle specie idrocarburiche disciolte nel solvente [8].

Le tre componenti, carta, polietilene e alluminio, sono interamente riciclati in nuova carta adatta per la produzione di shopper e cancelleria.

3.4. Produzione di compost

Un altro possibile schema di recupero viene proposto da una sperimentazione dell'AIMAG in collaborazione con la Tetra Pak: la frazione cellulosa, che è quella che ricopre la maggiore aliquota in peso, potrebbe essere opportunamente recuperata in un processo di compostaggio, che permetterebbe inoltre di separare e riciclare a valle del processo l'alluminio e il polietilene. Il principio è dunque semplice: le tre diverse frazioni vengono separate a monte, lasciando che la matrice cellulosa venga aggredita dai microrganismi coinvolti nel processo di compostaggio, ottenendo alla fine compost, polietilene e alluminio. Per una migliore resa del processo il Tetra Pak potrebbe essere trattato assieme ad altre frazioni organiche, quali quella dei rifiuti solidi urbani, scarti di lavorazioni agroindustriali, rifiuti lignocellulosici triturati [7].

4. Le innovazioni per la sostenibilità

Un processo per dare una seconda vita al materiale misto polietilene-alluminio ottenuto al termine del riciclo meccanico per separazione delle fibre di cellulosa è stato brevettato un paio di anni fa dall'azienda Ecoplasteam S.p.a con la produzione di un nuovo materiale plastico molto resistente, l'EcoAllene che, oltre a consentire il recupero di materiali difficili e costosi da smaltire, è una materia prima seconda 100 % riciclabile e, essendo costituita prevalentemente da polietilene con concentrazioni contenute di alluminio, può essere agevolmente formata secondo le tecniche normalmente utilizzate per il polimero come lo stampaggio ad iniezione o rotazionale, il soffiaggio e l'estrusione con una vasta possibilità di utilizzo [9].

Il processo produttivo non si basa sulla separazione dei film plastici e di alluminio, ma punta invece a ricombinarli con procedimenti meccanici, ottenendo un nuovo materiale. Nella filiera di recupero dei poliaccoppiati la componente cellulosa, che rappresenta nei casi più evidenti fino al 75% del poliaccoppiato, viene normalmente separata grazie ad un lavaggio profondo e successivamente recuperata nel ciclo produttivo della cartiera.

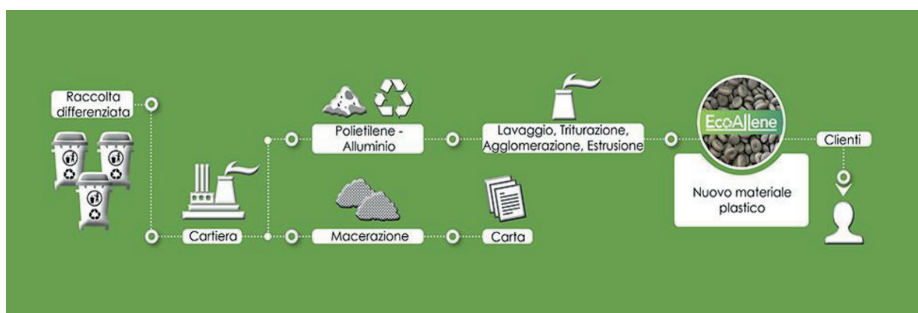


Fig. 2 – Ciclo produttivo dell'Ecoallene

Le restanti componenti, plastica e alluminio, vengono invece sottoposte ad un trattamento in diverse fasi per essere trasformate in Ecoallene e perdere così la qualifica di rifiuto [9]. Pulizia e lavaggio profondo e recupero di eventuali residui fibrosi (cellulosa) che possono essere rivenduti alla cartiera o destinati alla produzione di energia; triturazione per consentire la lavorabilità a macchina del materiale e la “gestione” della dimensione dell'alluminio presente, che può arrivare fino a 30 cm x 15 cm, riducendola così a poco meno di 1 mm x 1 mm; omogeneizzazione del composto per agglomerazione in modo da aumentare il peso specifico e rendere uniforme il materiale; estrusione tramite riscaldamento, additivazione e plastificazione in cui le ricette (materia prima di base + carica e/o additivo) vengono preparate in funzione della commercializzazione o finalizzate allo specifico cliente con ricette “su misura”.

| | |
|--|----------------|
| Benefici economici | |
| materia recuperata | ~7.500 t |
| costi evitati | >900.000 € |
| Benefici di sostenibilità | |
| emissioni di gas serra evitate | 4.700 t co2 eq |
| risparmio energetico al kg di prodotto | ~12.000 kcal |

Tab. 2 – Benefici del sistema integrato dell'impianto Ecoplasteam S.p.a

4. Conclusioni

Fino ad oggi il sottoprodotto del processo di riciclo da parte delle cartiere, composto dai film di polietilene e alluminio, non era riutilizzabile e veniva inviato normalmente all'incenerimento, con significativi costi e problemi di impatto ambientale.

L'innovativo processo di produzione dell'Ecoallene porta molti vantaggi sia a livello ambientale che economico. In primo luogo, il materiale non è disperso nell'ambiente, può essere nuovamente riciclato al termine della seconda vita, portando ad un'ulteriore diminuzione della richiesta di polimero vergine, il mancato incenerimento evita emissioni di CO₂ per circa 4.700 tonnellate/anno. Secondariamente, esso ha possibilità d'impiego paragonabili, in molti campi, a polimeri ottenuti da materiale vergine, la produzione di 1 kg di EcoAllene permette un risparmio energetico pari a 12.000 Kcal rispetto alla stessa quantità ottenuta da fonte fossile [10]. Allo stesso tempo, la produzione di EcoAllene permette di far risparmiare alla cartiera tra i 150 €/ton ed i 200 €/ton, ossia il corrispettivo necessario a smaltire il misto di polietilene ed alluminio per incenerimento. Infine, se si considera il vasto impiego degli imballaggi con tecnologia Tetra Pak emerge che la materia prima con cui è ottenuto l'EcoAllene è disponibile in un quantitativo che può essere considerato costante (si stima che in Europa il rifiuto di poliaccoppiati si attesti ad oltre 300.000 tonnellate) [11] e, soprattutto, svincolato dalle fluttuazioni del prezzo del petrolio ed escluso dal pagamento della Plastic tax.

Bibliografia

- [1] Casti P., Palmas L.A., Pillai A., et all. *La gestione del poliaccoppiato nella filiera carta-cartone*, consorzio cartasardegna.it
- [2] <https://www.tetrapak.com/it/packaging/materials>
- [3] **Iascone B.** *Gli imballaggi flessibili* ItaliaImballaggio, giugno 2019
- [4] **Iascone B.** *Report sullo stato dell'imballaggio* ItaliaImballaggio, luglio-agosto 2020
- [5] www.conai.org
- [6] <http://www.plasturgica.com/>
- [7] <http://gestione-rifiuti.it/smaltimento-tetrapak>
- [8] **Tolazzi C.**, "Il Tetra Pak come macero dell'industria cartaria", edizione 2008/2009
- [9] <https://www.ecoplasteam.com/ecoallene/tecnologie-di-trasformazione>
- [10] <https://www.zerosprechi.eu/index.php/>
- [11] <https://www.ecoplasteam.com/ecoallene/peculiarita/>

L'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce

Sebastiano Mangiagli sebastianomangiagli@libero.it - 2° Istituto di Istruzione Superiore "A. Ruiz", Via Catania n. 83 96011 Augusta

Riassunto

Negli ultimi anni, una delle più diffuse tendenze nei comportamenti d'acquisto è rappresentata dall'e-commerce. Tale fenomeno si è affermato in un contesto mondiale dominato dall'adozione delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione e dall'omogeneizzazione culturale. Tuttavia, l'e-commerce genera delle implicazioni negative sull'ambiente.

Obiettivo primario del presente articolo consiste nell'analizzare l'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce in termini di aumento degli imballaggi impiegati e dell'inquinamento dovuto all'inefficienza delle modalità di consegna. Inoltre, lo studio si prefigge di proporre alcune soluzioni volte a ridurre l'impatto ambientale dell'e-commerce.

Summary

In recent years, one of the most widespread trends in purchasing behavior is represented by e-commerce. This phenomenon has established itself in a world context dominated by the adoption of communication and information technologies and cultural homogenization. However, e-commerce generates negative implications on the environment.

The primary aim of this article is to analyze the environmental impact produced by e-commerce in terms of the increase in packaging used and pollution due to the inefficiency of delivery methods. Furthermore, the study aims to propose some solutions aimed at reducing the environmental impact of e-commerce.

1. Introduzione

Negli ultimi anni una delle più diffuse tendenze nei comportamenti d'acquisto è rappresentata dall'e-commerce. Tale fenomeno si è affermato in un contesto mondiale dominato dall'adozione delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione e dall'omogeneizzazione culturale. Questo mutato contesto ha favorito il verificarsi di notevoli cambiamenti nelle relazioni politiche ed economiche internazionali, nella configurazione delle catene del valore delle imprese, nella circolazione internazionale dei capitali e nella distribuzione internazionale del lavoro, trasformando le strategie delle imprese sia dal punto di vista gestionale che organizzativo [1].

Inizialmente, si riteneva che l'impatto ambientale dell'e-commerce fosse inferiore a quello del commercio offline tradizionale, in virtù delle economie di scala che riusciva a realizzare tramite la *supply chain*: ricorrendo ad un coordinamento informatico, lo spostamento di milioni di oggetti deve necessariamente avvenire a costi più bassi, oltre che con maggiore puntualità, di quanto avviene nel commercio tradizionale [2].

Oggi invece sono sempre più diffuse le teorie economiche che rivelano come l'aumento delle quantità di oggetti scambiati in un primo momento generi economie di scala, ma poi richieda nuovi investimenti e produca effetti ambientali negativi [3, 4].

Alla luce delle sopra esposte considerazioni, la presente ricerca si prefigge di analizzare l'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce in termini di aumento degli imballaggi impiegati e dell'inquinamento dovuto all'inefficienza delle modalità di consegna. Inoltre, lo studio si prefigge di proporre alcune soluzioni volte a ridurre l'impatto ambientale dell'e-commerce.

2. Relazione

2.1 *La crescita dell'e-commerce nel mondo e in Italia*

Negli ultimi anni si sta registrando una crescita dell'e-commerce sempre più netta. Nell'anno 2018 il 40% della popolazione mondiale, ovvero 2,81 miliardi di persone, ha effettuato almeno un acquisto online e si stima che entro il 2022 gli acquirenti online raggiungeranno quota 3,20 miliardi. Il valore del mercato e-commerce al dettaglio nel mondo per il 2018 è stato pari a 2.875 miliardi di dollari, il 12% in più rispetto all'anno precedente e pari all'11% del totale del valore delle vendite *retail*. L'area Asia-Pacifico ha confermato la sua leadership sul mercato e-commerce mondiale, con una produzione di 1.892 miliardi di dollari nel 2018, il 27% in più rispetto all'anno precedente. La sola Cina, con un miliardo di utenti e-commerce, nel 2018 ha prodotto un ammontare di transazioni pari a 855 miliardi di dollari, con una crescita del 19% rispetto all'anno precedente [5].

A fronte di tale crescita, nel corso del 2018 alcuni Stati hanno intrapreso delle misure a tutela dei propri produttori; è questo il caso dell'India in cui a partire dal 2019 la visibilità dei prodotti e-commerce provenienti dall'estero è limitata al massimo al 25% del mercato indiano [5].

Tra le aziende di e-commerce più importanti dell'area Asia-Pacifico si segnalano Alibaba Group, JD.com, il provider di viaggi Ctrip.com, Autohome, 58.com e Sun Art Retail Group [6].

Negli USA, invece, è Amazon a detenere la più ampia quota di mercato (49,1% nel 2018), seguita da eBay, Apple e Walmart [7].

In Italia la diffusione dell'e-commerce tra la popolazione ha raggiunto quota 70% registrando, nel mese di dicembre 2019, una media di 41,5 milioni di utenti, in linea con lo scorso anno. Il valore del fatturato e-commerce in Italia nel 2019 è stato pari a 48,5 miliardi di euro, con una crescita del 17% sul 2018. Nel 2019 (figura 1) il Tempo libero è stato il settore più importante per l'e-commerce (42,7% del fatturato totale), seguito dal Turismo (25,6%); il primo è cresciuto del 21% rispetto all'anno precedente, mentre il turismo del 7%. I centri commerciali hanno rappresentato il 15,5% con una crescita del 25%. Gli altri settori hanno fatto registrare dati più bassi del 5% del totale, raggiungendo complessivamente il 16,2% del totale del fatturato; è questo il caso di Assicurazioni (4,6%), Elettronica di consumo (3,3%), Alimentare (3,1%), Moda (2,1%), Editoria (1,8%), Casa e arredamento (0,9%), Salute e bellezza (0,4%) [8].

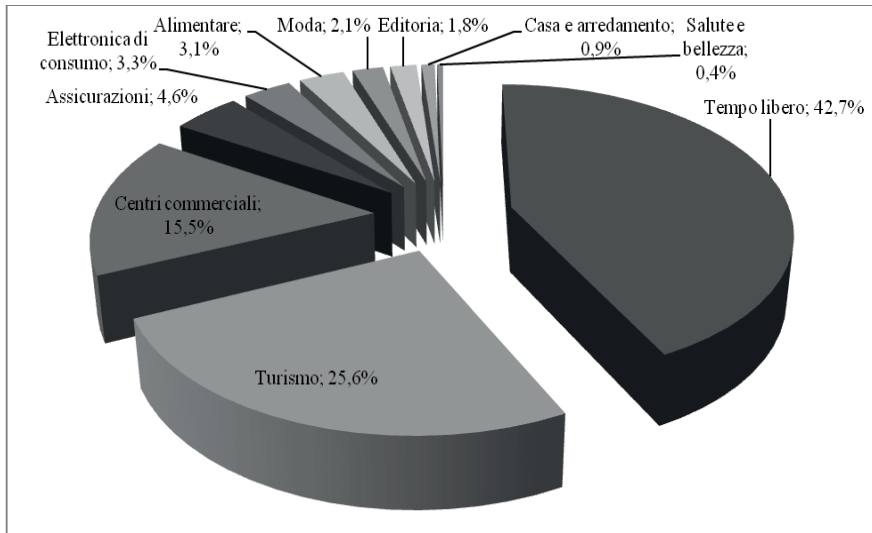


Fig. 1 – Distribuzione del fatturato e-commerce in Italia nell'anno 2019

Fonte: ns. elaborazione da [8]

2.2 L'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce

Riprendendo quanto precedentemente accennato, si ritiene che la tradizionale concezione secondo cui l'impatto ambientale dell'e-commerce sia inferiore a quello del commercio offline tradizionale, in virtù delle economie di scala che riesce a realizzare tramite la *supply chain*, debba essere riconsiderata.

Uno studio pubblicato nel 2019 dall'Università di Giacarta [3] ha spiegato come, soprattutto nelle aree urbane più densamente popolate, l'e-commerce sia più inquinante del commercio tradizionale in quanto gli acquirenti finali dell'e-commerce sono portati ad ordinare piccole quantità di merce per volta; di conseguenza si tendono ad effettuare ordini multipli di una singola tipologia di prodotto che richiedono consegne multiple; ciò comporta:

imballaggi aggiuntivi,

un aumento dell'inquinamento dovuto al movimento di migliaia di piccoli veicoli commerciali nelle strade dei centri urbani,

una minore efficienza nell'utilizzo dello spazio a disposizione su un ogni veicolo commerciale.

In relazione a quest'ultimo punto, nello stesso studio [3] è stato calcolato che l'aumento di ordini online causi una riduzione del volume di merce mediamente caricata su questi veicoli, poiché i tempi di consegna diventano sempre più stretti, a causa della concorrenza fra le imprese.

I tre fattori sopra evidenziati risultano ancora più preoccupanti se si considerano anche i frequenti resi delle merci che giungono a destinazione danneggiate o non corrispondenti alle caratteristiche attese dai clienti.

Un altro interessante aspetto riguardante l'e-commerce era già stato analizzato in uno studio tedesco del 2002 [4]; in esso fu dimostrato che nel caso di acquisto di libri online in Giappone, l'energia elettrica utilizzata dall'utente a casa era praticamente uguale a quella impiegata per l'acquisto dello stesso libro in un negozio tradizionale.

Prendendo spunto dai due studi sopra menzionati [3, 4], è possibile costruire una figura di sintesi che descrive l'impatto ambientale dell'e-commerce (figura 2).

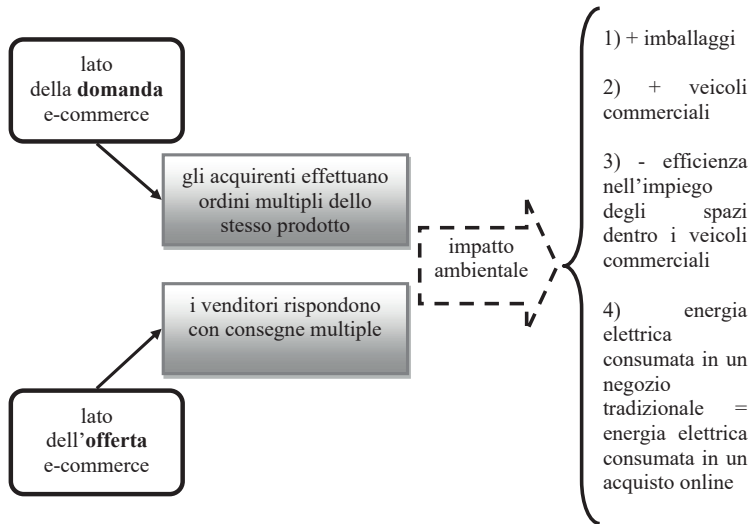


Fig. 2 – L'impatto ambientale dell'e-commerce

Fonte: ns. elaborazione

Alla stregua di quanto fin qui riportato, nel paragrafo successivo si proporranno alcune soluzioni volte a ridurre i costi ambientali legati al commercio elettronico.

2.3 Possibili soluzioni volte a ridurre l'impatto ambientale prodotto dall'e-commerce

Da quanto sinora esposto emerge come il commercio online sia una grande opportunità, anche se esso può causare problemi maggiori di quelli che ha risolto e fare aumentare non solo i costi economici ma anche quelli ambientali.

Un primo suggerimento volto a ridurre l'impatto sull'ambiente dell'e-commerce consiste nell'incrementare la quantità media di oggetti ordinati per volta dai clienti; ciò richiede un coinvolgimento attivo da parte della domanda di e-commerce e permetterebbe di ridurre le emissioni inquinanti e i costi logistici da parte dei vettori.

Ponendosi nella prospettiva dell'offerta, un'ulteriore soluzione è rappresentata dall'impiego di veicoli elettrici e biciclette per la consegna di buste e pacchi leggeri soprattutto in aree urbane.

La scelta di imballaggi riciclabili da impiegare per le spedizioni è un'altra soluzione concreta per ridurre il loro impatto sull'ambiente. Le *glassine paper* di Nexive ne sono un esempio: si tratta di buste ricavate da carta di pura cellulosa che si gettano interamente, finestrelle comprese, nella raccolta differenziata della carta [9]. Altro esempio virtuoso è l'imballaggio 'apertura facile' di Amazon che elimina le fascette di plastica usate per contenere i pacchi [10].

Ancora, è da auspicare il ricorso alle *packstation* posizionate da operatori come Dhl nelle aree di maggiore transito: tali iniziative sono dei box installati nei supermercati, negli uffici, nei centri commerciali o nelle stazioni delle metropolitane, dove gli acquirenti possono recuperare la merce comprata online in qualsiasi momento della giornata, inserendo in un terminale un codice di accesso per aprire il proprio armadietto [11].

Le proposte evidenziate sono sintetizzabili nella figura 3 seguente.

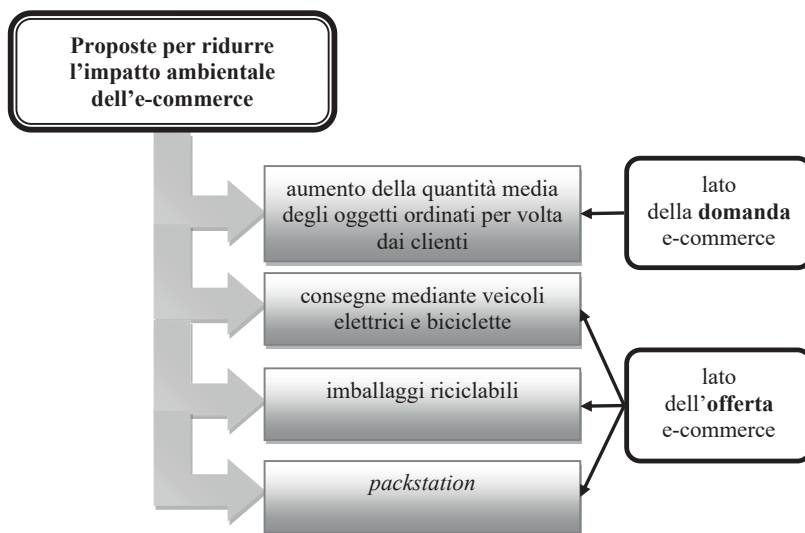


Fig. 3 – Proposte volte a ridurre l'impatto ambientale dell'e-commerce

Fonte: ns. elaborazione

3. Conclusioni

Lo studio condotto nel presente contributo ha messo in rilievo come il fenomeno dell'e-commerce sia cresciuto considerevolmente negli ultimi anni, producendo un impatto negativo sull'ambiente. Ad esso si può tentare di porre rimedio attraverso soluzioni che richiedono l'intervento per un verso della clientela, per un altro verso delle aziende che forniscono servizi di e-commerce.

Non va però trascurata la circostanza per cui tale settore oggi non sia supportato da un adeguato impianto normativo che disciplini i risvolti ambientali dell'e-commerce. Poiché l'aumento di flussi di merci derivanti dall'e-commerce ha cambiato completamente il bilancio energetico del sistema ambiente, appare oramai auspicabile che la comunità internazionale cominci ad introdurre delle norme chiare e ferme su queste attività. Ciò non comporta necessariamente divieti o blocchi, bensì l'introduzione di incentivi o disincentivi relazionati al comportamento del consumatore e del venditore online.

In ultima analisi, considerato che l'e-commerce costituisce un fenomeno globale, una tale regolamentazione va realizzata a livello internazionale, tramite il coinvolgimento di organismi come l'ONU e il WTO.

Bibliografia

- [1] **Mangiagli S.**, *Lo sviluppo dei Paesi emergenti. Il caso dell'India*, Morrone Editore, Siracusa, 2020;
- [2] **Hussain M., Malik M.**, "Organizational enablers for circular economy in the context of sustainable supply chain management", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 256, n. 120375, 2020;
- [3] **Hidayatno A., Destyanto A.R., Fadhil M.**, "Model Conceptualization on E-Commerce Growth Impact to Emissions Generated from Urban Logistics Transportation: A Case Study of Jakarta", in *Energy Procedia*, vol. 156, 2019, pp. 144-148;
- [4] **Reichling M., Otto T.**, "The Environmental Impact of the New Economy. Deutsche Telekom, telecommunications services and the sustainable future", in **Park J., Roome N.** (Eds.), *The Ecology of the New Economy. Sustainable Transformation of Global Information, Communications and Electronics Industries*, Routledge, London, 2002, pp. 119-129;

- [5] Casaleggio Associati, *E-Commerce in Italia 2019*, 2019;
- [6] <https://www.statista.com/statistics/894958/asia-pacific-e-commerce-companies-market-capacity/>;
- [7] <https://www.emarketer.com/chart/220521/top-10-us-companies-ranked-by-retail-ecommerce-sales-share-2018-of-us-retail-ecommerce-sales>;
- [8] Casaleggio Associati, *E-Commerce in Italia 2020*, 2020;
- [9] **Balboni V.**, “La busta con le finestrelle trasparenti riciclabili”, in *Corriere della Sera*, 9 marzo 2015;
- [10] **Tonfi S.**, *Super Brands. Da grandi poteri, grandi responsabilità*, Franco Angeli, Milano, 2017;
- [11] **Angioni C.**, “Ecco l’acchiappa-pacchi per chi non è mai a casa”, in *Il Giornale*, 17 aprile 2014.

I Criteri Ambientali Minimi per promuovere l'uso efficiente delle risorse e un'economia circolare

Alessandra Mascioli, alessandra.mascioli@cnr.it (1), Massimo Mari (1), Carla Mazziotti (2), Antonio Fardelli (1)

(1) CNR – Istituto Inquinamento Atmosferico, Roma

(2) CNR - Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti

Abstract

L'intervento proposto mira ad evidenziare il ruolo chiave che la pubblica amministrazione, grazie alla normativa nazionale in materia di appalti pubblici verdi che stabilisce l'introduzione obbligatoria nella documentazione progettuale e di gara dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), è in grado di assumere nella transizione verso un modello economico di tipo circolare, sviluppando un ulteriore impulso all'innovazione tecnologica e sistemica orientata alla sostenibilità. Dopo un breve inquadramento giuridico della materia, gli autori illustrano in che modo i CAM, nei settori considerati dall'analisi, favoriscono la diffusione e l'implementazione di innovazioni tecnologiche e di sistema orientate alla sostenibilità ambientale, alla riduzione degli sprechi ed alla diffusione di modelli di economia circolare.

Summary

The present paper aims to highlight the key role of the Public Administration in the transition towards a circular economic model, by promoting the technological and systemic innovation oriented towards sustainability, by means of the implementation of the national legislation on Minimum Environmental Criteria and Green Public Procurement. After a little survey on the legislation framework, the authors illustrate how CAM, in the sectors considered by the analysis, promote the dissemination and implementation of specific technological and system innovations aimed at environmental sustainability, waste reduction and the dissemination of circular economy models.

1. Introduzione

Tra le varie forme di sostegno alla diffusione di adeguati modelli di economia sostenibile e circolare, nel 2008 è stato approvato, ai sensi dell'art. 1, comma 1126 della legge 27 dicembre 2006 n. 296, il *Piano d'azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione* nell'ambito di cui è prevista l'adozione dei "Criteri Ambientali Minimi" (CAM), requisiti ambientali basati sull'approccio del ciclo di vita da introdurre nella documentazione relativa alle procedure di acquisto ed affidamento pubbliche. I CAM, approvati con apposito Decreto del Ministro dell'Ambiente sono costituiti da una parte introduttiva e dai criteri ambientali afferenti alle diverse fasi della procedura di gara (oggetto dell'appalto, selezione degli offerenti, specifiche tecniche, criteri premianti, clausole contrattuali), "minimi" poiché costituiscono il livello delle prestazioni ambientali necessarie per poter qualificare un appalto "ambientalmente preferibile" o "verde", tenendo conto della capacità del mercato

di poter soddisfare la domanda di prodotti conformi a tali requisiti (Tab. 1). L'introduzione dei CAM da parte delle stazioni appaltanti è stata facoltativa sino all'entrata in vigore della legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali", che ne ha reso parzialmente obbligatoria l'applicazione modificando il codice dei contratti pubblici previgente. Il decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Codice dei contratti pubblici", ha mantenuto e reso più incisivo tale obbligo all'interno dell'attuale disciplina sui contratti pubblici, con l'art. 34 che, nella versione novellata dal d.lgs. n. 56/2017, prevede che gli obblighi di integrare tutte le specifiche tecniche e le clausole contrattuali nonché di tener conto dei criteri premianti dei CAM quando l'aggiudicazione non avvenga al minor prezzo, siano rispettati per l'intero valore della fornitura o dell'affidamento e, ai sensi del comma 3, per qualsivoglia procedura di affidamento a prescindere dal valore. Gli obblighi infatti si applicano per gli affidamenti di "qualunque importo", sia sopra che sotto la soglia comunitaria, ivi inclusi gli affidamenti diretti di importo inferiore a € 40.000,00 per beni e servizi e a € 150.000,00 per i lavori. Attraverso tali obblighi si orientano e si valorizzano in maniera omogenea e strutturale le innovazioni ambientali dei mercati di riferimento e delle relative filiere e si determina un effetto leva più efficace. Le categorie di beni servizi e lavori oggetto dei CAM, sottoposti a revisioni ed aggiornamenti periodici precipuamente per tener conto dell'evoluzione tecnica e tecnologica nei settori coinvolti, sono sempre più numerose. Una quota sempre più rilevante in valore dei contratti pubblici, che complessivamente nei settori ordinari ed al netto degli affidamenti diretti per il 2019 ammonta a circa 138 miliardi di euro, contiene pertanto detti criteri ambientali (dati ANAC 2019).

| | Stato dell'arte settembre 2020 | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | adottati | In corso di aggiornamento /adozione | In via di definizione |
| Arredi per l'interno | DM 11/01/2017 | x | |
| Arredo urbano | DM 5/02/2015 | x | |
| Dispositivi per la riproduzione di immagini, servizio di stampa gestito | DM 17/10/2019 | | |
| Personal computer, desktop e monitor, server | | | x |
| Cartucce di toner e a getto di inchiostro, servizio integrato di ritiro e fornitura di cartucce rigenerate | DM 17/10/2019 | | |
| Progettazione costruzione manutenzione di edifici | DM 11/10/2017 | | |
| Progettazione costruzione manutenzione di strade | | | x |
| Prodotti tessili | DM 11/01/2017 | | |
| Servizi di lavanolo | | x | |
| Servizi di pulizia in ambienti ad uso civile | DM 24/05/2012 | x | |
| Servizi di pulizia e sanificazione | DM 18/10/2016 | | |
| Detergenti per superfici dure | DM 18/10/2016 | x | |
| Detergenti per lavaggio industriale dei tessili | | x | |
| Detergenti per l'igiene della persona | | x | |

Segue

| | Stato dell'arte settembre 2020 | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | adottati | In corso di aggiornamento /adozione | In via di definizione |
| Servizio di gestione dei rifiuti urbani | DM 13/02/2014 | x | |
| Servizio di gestione del verde pubblico | DM 10/03/2020 | | |
| Acquisto di ammendanti, piante ornamentali, impianti di irrigazione | DM 10/03/2020 | | |
| Veicoli | DM 8/05/2012 | x | |
| Lubrificanti per veicoli | | x | |
| Servizio di trasporto collettivo di persone | | | x |
| Carta per stampa e copia | DM 4/04/2013 | | |
| Ausili per l'incontinenza | DM 24/12/2015 | | |
| Prodotti in carta tessuto per l'igiene della persona | | x | |
| Progettazione ed installazione di impianti per l'illuminazione pubblica | DM 27/09/2017 | | |
| Servizi di illuminazione pubblica | DM 28/03/2018 | | |
| Servizi energetici per gli edifici | DM 7/03/2012 | | |
| Lampade e apparati per l'illuminazione pubblica | DM 27/09/2017 | | |
| Servizio di ristorazione collettiva e acquisto di derrate alimentari | DM 28/03/2018 | | |
| Servizio di distribuzione automatica di alimenti e bevande e servizio ristoro | | | x |
| Organizzazione e gestione di eventi | | | x |

Tab. 1 – *Categorie di appalti oggetto dei Criteri ambientali minimi*

Fonte: <https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi#1>

2. Relazione

La disciplina nazionale in materia di appalti pubblici verdi, attraverso i CAM, consente di favorire lo sviluppo e la diffusione di innovazioni tecnologiche e di sistema orientate alla riduzione degli sprechi, al riciclo ed alla circolarità della materia lungo la catena del valore [1]. Al riguardo, nel presente capitolo, viene illustrato, nei settori oggetto dell'analisi, il modo in cui i CAM intervengono nel merito e le tecnologie che vengono promosse per il loro tramite.

2.1 Le tecnologie per il riciclo promosse dai CAM: l'automotive e alcune attrezzature elettriche ed elettroniche

Nel settore *automotive*, i CAM relativi all'acquisizione di veicoli adibiti al trasporto su strada destinati ad aggiornare e sostituire quelli attualmente vigenti adottati con DM 8 maggio 2012, sono stati definiti tenendo conto delle disposizioni contenute nella direttiva (UE) 2019/1161 che modifica la direttiva 2009/33/CE relativa alla promozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto su strada e con l'obiettivo dare impulso all'economia circolare. I CAM in via di adozione prevedono pertanto, in caso di acquisto, noleggio e leasing di veicoli leggeri e di motocicli da parte delle stazioni appaltanti, il vincolo di destinare una significativa quota a veicoli elettrici (o ibridi plug-in, nei limiti temporali ed emissivi previsti dalla citata

direttiva) e, con appositi criteri premianti, affrontano l'obiettivo di riduzione degli impatti ambientali legati al fine vita degli accumulatori per i veicoli a trazione totalmente elettrica o ibrida e valorizzano il contenuto di riciclato nelle plastiche utilizzate nella componentistica delle auto, oltre che l'uso della bioplastica, purché la materia prima di origine naturale sia positivamente valutata per i suoi impatti ambientali e sociali.

In sintonia con i propositi normativi della Commissione europea sulle batterie ed i requisiti vincolanti sul relativo tasso di riciclo, sul contenuto obbligatorio di plastica riciclata e sulle misure di riduzione dei rifiuti anche per i veicoli [2], i CAM prevedono criteri premianti volti a valorizzare i veicoli con materiali plastici riciclati e, per i veicoli a trazione totalmente elettrica o ibrida:

- i produttori o i concessionari che si sono organizzati per garantire sistematicamente il riciclo delle batterie esauste come accumulatori di energia stazionaria rinnovabile oppure per garantire il recupero dei metalli (litio, cobalto, nichel, ferro ...), con punteggi aggiuntivi nel caso se il processo di recupero dei metalli sia svolto a bassa temperatura (non pirolisi);

- la presenza di batterie realizzate con materiali più efficienti e recuperabili del litio (ad esempio il grafene), con documentazione tecnico-scientifica che ne dimostri la maggior capacità di accumulo, di durata e la recuperabilità del materiale.

Le batterie per i veicoli elettrici rappresentano una notevole preoccupazione specie a causa dei rilevanti impatti ambientali legati ai processi di estrazione delle materie prime come litio e cobalto, concentrate essenzialmente nella Repubblica Democratica del Congo (cobalto) e in Australia e Cile (litio), e al loro smaltimento, critico per la presenza di materiali tossici e dannosi per l'ambiente [3]. La vita di tali batterie però può essere estesa ben oltre il primo utilizzo relativo allo stoccaggio di energia per alimentare i motori o per la trazione. Dopo 8-10 anni di utilizzo, infatti, è conservata ancora il 75% della loro capacità che ne consente l'utilizzo come accumulatori di energia per uso statico, ad esempio a supporto della produzione di energia da fonti rinnovabili, come accumulatori per impianti domestici o come stazioni di ricarica per veicoli elettrici, funzionanti anche senza il collegamento con la rete elettrica (tavolo tecnico per la definizione dei CAM). Nel caso in cui la capacità residua sia più bassa perché la struttura chimica delle celle non riesce più a soddisfare i parametri di efficienza necessari, allora è opportuno procedere al riciclaggio per recuperare le diverse frazioni di materiali separando i componenti, essiccando e setacciando i materiali per estrarre la polvere di materie prime preziose (la *black mass* che costituisce la parte chimicamente attiva degli accumulatori). Ad oggi la tecnologia più utilizzata a tal fine è la pirolisi, un processo ad alte temperature che scioglie i diversi metalli permettendone il recupero, emette gas tossici ed è particolarmente energivoro, che è in grado di recuperare per lo più cobalto e manganese. Un'alternativa migliore sotto il profilo ambientale che può essere applicata è l'idrometallurgia. Tale processo, che opera a basse temperature, sfrutta soluzioni acide forti o deboli con l'aggiunta perossido di idrogeno per estrarre i metalli dal rifiuto elettrico ed elettronico tritato. Anche in questo caso, però, si ottengono inquinanti secondari pericolosi per la salute e l'ambiente. Nuove tecnologie più efficaci e meno impattanti che non generano neppure residui solidi tossici sono state positivamente sperimentate [4], ciò anche in Italia nell'ambito del progetto Cobat - CNR, Istituto di Chimica dei composti organometallici - ICCOM (COBAT, 2019). Tal genere di tecnologie sono spinte non solo dai vincoli dettati per la tutela ambientale e dalla responsabilità estesa del produttore, ma dalla convenienza economica delle stesse case produttrici dei veicoli, interessati al recupero delle materie prime.

Per quanto riguarda il consumo di materie plastiche, il settore dell'*automotive* è il terzo in ordine di importanza, dopo imballaggi ed edilizia (PlasticEurope, 2020). I numerosi componenti plastici dei veicoli devono soddisfare specifici requisiti prestazionali, tecnici, di sicurezza e di qualità, inclusa quella estetico-funzionale, nonché i vincoli dettati dalla normativa europea

relativa alla restrizione di determinate sostanze pericolose, Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH) e Regolamento (UE) 2019/1021, relativo agli inquinanti organici persistenti. Per tale ragione l'uso della plastica da riciclo deve essere attentamente testato. Ecco dunque che, ad oggi, i veicoli più avanzati rispetto al contenuto di plastica riciclata, complessivamente hanno poco più di un 10% di plastica riciclata rispetto al contenuto di plastica totale e sono prodotti da case automobilistiche che hanno internalizzato la produzione dei componenti di plastica dura per produrre componenti anche derivanti dal riciclo più consoni alle esigenze tecniche (Tavolo tecnico sui CAM). Non è invece problematico, tenendo conto delle attuali tecnologie per il riciclo nei filati, l'uso di polimeri riciclati (o di altri materiali riciclati) nei tessuti e nelle imbottiture dei rivestimenti interni dei veicoli.

I CAM non entrano nel merito della tecnologia utilizzata per riciclare la plastica, in quanto ad ora il processo di riciclo più diffuso è quello meccanico realizzato con impianti che differenziano, puliscono triturano e fondono la plastica per realizzare granuli che, sebbene non consenta di riciclare tutte le tipologie delle materie plastiche raccolte, è comunque a minore impatto ambientale rispetto al riciclo chimico che opera ad alte temperature [5]. La contaminazione incrociata legata alla presenza di più polimeri, la presenza di eventuali additivi, le impurità di origine inorganica, l'eventuale degradazione parziale del polimero sono infatti alcuni dei principali vincoli per il riciclaggio meccanico dei rifiuti di plastica. Nei processi di riciclaggio chimico la plastica viene invece scissa in monomeri da riutilizzare come materie prime seconde.

Nei CAM relativi ai servizi di stampa gestita e all'acquisto ed al noleggio dei dispositivi per la riproduzione di immagini di cui al DM 17 ottobre 2019, l'obiettivo del recupero di materia è stato approssiato grazie ad una clausola contrattuale e ad un criterio premiante per la gestione dei RAEE storici volto a promuovere una gestione virtuosa e trasparente delle apparecchiature mal funzionanti, obsolete o non più rispondenti alle esigenze funzionali della stazione appaltante, che mira ad estenderne la vita utile con attività di riparazione e successiva donazione e, in subordine, a destinarle a processi di riciclo (idrometallurgia) in grado di recuperare le materie prime. Il metodo più impiegato per il recupero dei metalli dagli e-wastes è quello pirometallurgico, che prevede la combustione dei rifiuti in una fornace a temperature superiori ai 1.000 °C, consente di concentrare i metalli e di recuperarli in parte, a fronte di un notevole dispendio energetico e con le emissioni comuni a tutti i processi che si svolgono ad alte temperature, incluso il rilascio di composti organici come le diossine. Per tale ragione, come nel caso delle batterie, è indicata nei CAM l'idrometallurgia, che rappresenta un'opzione preferibile per la gestione di una massa rifiuti sempre più elevata a causa dell'incessante innovazione tecnologica e dell'obsolescenza programmata che la alimenta. Attualmente, di 12 milioni di tonnellate di rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche annualmente prodotte in Europa, il 78% è inviato ad incenerimento o in discarica [6]. Lo smaltimento di questo tipo di rifiuti, pur critico per la presenza di inquinanti è comunque un'opportunità anche per la possibilità di recupero di metalli preziosi.

2.2 Le tecnologie per il riciclo e l'impiego di sottoprodotti promosse dai CAM: il settore tessile

Nei CAM per le forniture di prodotti tessili attualmente vigenti (DM 11 gennaio 2017), un criterio premiante valorizza i prodotti tessili preparati per il riutilizzo o costituiti da fibre contenenti materiale riciclato. Nel documento di revisione prossimo all'adozione, è stata aggiunta parallelamente anche la valorizzazione dei prodotti costituiti da fibre con sottoprodotto derivante da simbiosi industriale. I CAM, nelle specifiche tecniche, contengono requisiti prestazionali e restrizioni sui residui di sostanze pericolose in quanto i tessuti ed i prodotti durevoli e di qualità si prestano meglio alla preparazione per il riutilizzo e ai processi di riciclo "upcycling" e l'assenza di sostanze pericolose rende il recupero più attrattivo anche tenuto

conto della necessità di rispettare normative sempre più restrittive da parte dei prodotti immessi sul mercato, anche riciclati.

Così come per i componenti plastici dei veicoli, i CAM tessili non entrano nel merito delle tecnologie per il recupero ed il riciclo, promuovendo pertanto tutte quelle che si sono sviluppate e diffuse negli ultimi anni. Le tecnologie attualmente disponibili per il riciclo del tessile e per realizzare tessuti riciclati sono varie e si applicano ai tessuti naturali, ai tessuti sintetici e a quelli misti. Il nylon ed altre fibre sintetiche possono essere ottenute anche dal recupero di bottiglie in PET tramite processi di riciclo meccanico. La lana o il cotone possono invece essere ottenuti da capi dismessi, da pezze in lana o cotone altrimenti destinate all'incenerimento a valle di processi di riciclo meccanico, per mezzo del quale i cascami ed i residui delle operazioni manifatturiere ed altri tessuti post-consumo vengano separati per colore, lavati, sfilacciati, cardati per recuperare fibre e filamenti che sono processati e nuovamente filati per la produzione di tessuti di pregio, ancorché con fibre più corte di quelle vergini. La lana ed il cotone, proprio come la carta, non possono sopportare numerosi cicli di riciclo. Se perdono qualità durante i diversi cicli di riciclo, la lana ed il cotone usati possono essere destinati alla realizzazione di imbottiture per sedie o per i sedili delle auto, di stracci per pulire, di materiali per riempire i materassi o per pannelli isolanti (ASTRI, 2020). I pertinenti documenti di Criteri Ambientali Minimi creano un mercato di sbocco anche per tali categorie di prodotti riciclati.

Anche le tecnologie di re-manufacturing, promosse dal criterio premiante dei Criteri Ambientali Minimi e anche da un apposito capitolo dei futuri CAM, dedicato al servizio di restyling di prodotti tessili usati, possono svolgere un ruolo chiave nel miglioramento della sostenibilità della produzione industriale, poiché permettono l'introduzione di nuove componenti che sostituiscono quelle deteriorate o rotte, in modo tale di dare nuova vita a prodotti obsoleti, conservando le parti che possono sostenere un processo di manutenzione.

I CAM, coerentemente, nel caso di capi complessi richiedono di realizzare un prodotto facile e veloce da disassemblare a fine vita, ad esempio utilizzando elementi di connessione adatti, localizzando le parti non riciclabili, evitando inserti o rinforzi difficilmente separabili. Tali caratteristiche, le fibre con cui sono composti i tessuti e le finiture dei tessuti è determinante per gli impatti ambientali e per il recupero. Ad oggi anche i mix di fibre e gli scarti tessili (ritagli di tessuto, fibre corte, filati ecc.) che derivano dagli sfridi di lavorazione e che rappresentano un costo per le imprese, possono essere recuperati separando le fibre di natura termoplastica dalle fibre di altra natura. Le materie termoplastiche vengono recuperate e trasformate in granuli. Le fibre naturali o artificiali subiscono i processi di apertura e sfilacciatura per consentire di ottenere una nuova fibra da impiegare in nuovi cicli di lavorazione tessili (CAM, tavolo tecnico). Interessanti e promettenti innovazioni promosse nei CAM sono quelle che consentono di produrre fibre realizzate con sottoprodotto derivante da simbiosi industriale. L'Orange Fiber, ad esempio, è un tessuto, impiegato anche da una storica casa di moda italiana, realizzato con gli scarti dell'industria alimentare degli agrumi, tramite un processo che prevede l'estrazione della cellulosa da ciò che rimane delle arance utilizzate per produrre succhi e profumi per ambienti, che viene trasformata in filati. Non è e non sarà invece valorizzato nei CAM l'utilizzo di sottoprodotto aziendale, ciò per non creare effetti di selezione avversa nei confronti delle aziende in grado di ridurre i materiali di scarto. Le aziende che intendono riutilizzare i propri scarti di produzione tessile incontrano grandi difficoltà nel riutilizzare tessuti molto diversi tra loro. Per tale ragione, alcune di esse, che il CAM indirettamente valorizza, provano a ridurre le quantità di tali materiali di scarto, raffinando la fase di taglio. La forma, il margine e la posizione di cucitura sono elementi che, seguendo precisi processi, possono portare alla riduzione dei rifiuti. Ad esempio, la selezione dei tessuti con motivi simmetrici consente un taglio semplice riducendo rifiuti di tessuto, così come le tecniche computerizzate di *design* e taglio consentono maggiormen-

te, rispetto al taglio manuale, la riduzione della quantità di materiale utilizzato e del numero di capi di vestiario scartati (ASTRI, 2020).

3. Conclusioni

L'articolo dimostra che è possibile affidare alla pubblica amministrazione tramite gli appalti pubblici un ruolo chiave per favorire il corretto sviluppo di tecnologie e soluzioni innovative orientate ad una sempre più marcata circolarità e compatibilità ambientale, partendo dai settori più strategici in termini di impatti ambientali e volume di spesa. Risultati potenzialmente molto rilevanti, che richiederebbero la massima applicazione dei CAM non solo in capo ai soggetti vincolati al rispetto del codice dei contratti pubblici ma anche in capo ai soggetti non vincolati o vincolati solo in parte al rispetto del codice dei contratti pubblici.

Bibliografia

- [1] **Testa F., Iraldo F., Frey M., Daddi T.** (2012) What factors influence the uptake of GPP (green public procurement) practices? New evidence from an Italian survey *Ecological Economics*, 82, 88-96.
- [2] COM (2020) 98 “Un nuovo piano d’azione per l’economia circolare”.
- [3] COM (2019) 176 “Relazione della Commissione europea relativa all’attuazione del piano d’azione strategico sulle batterie: creare una catena del valore strategica delle batterie in Europa”.
- [4] **Wu Z., Soh T., Chan J.J., Meng S., Meyer D., Srinivasan D., Tay C.Y.** (2020) Repurposing of Fruit Peel Waste as a Green Reductant for Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries, *Environ. Sci. Technol.*, 54, 15, 9681–9692.
- [5] **Paletta A., Leal Filho W., Balogun A., Foschi E., Bonoli A.** (2019) Barriers and challenges to plastics valorisation in the context of a circular economy: Case studies from Italy *Journal of Cleaner Production* 241 118149.
- [6] Executive Agency for Ecoinnovation (2019) “A wealth of ideas for a greener Europe”.

Sitografia

- [1] COBAT (2020): <https://www.cobat.it/comunicazione/rivista-ottantadue/articolo/economia-circolare-la-ricarica-arriva-dalle-batterie-al-litio>.
- [2] PlasticEurope (2019) Plastics – the Facts 2019 An analysis of European plastics production, demand and waste data: <https://www.plasticseurope.org/en>.
- [3] Associazione Tessile Riciclato Italiana – ASTRI (2020): <https://astrirecycling.it/>.

Pale eoliche in plastica rigenerata tramite recupero di Plasmix e prodotte con tecnologia di stampa 3D

*Massimo Moretti amministrazione@3dwasp.com, Nicola Schiavarelli, Francesca Moretti,
WASP % CSP Srl, Massa Lombarda (RA)
R3directs Srls, Capannori (LU)
Revet Recycling Srl, Pontedera (PI)
Angelo Mirabelli, AMProjectsFactory, Perugia (PG)*

Riassunto

In questo paper viene investigato un metodo innovativo per il riciclo di plastiche provenienti dai rifiuti urbani. Le plastiche utilizzate sono scarti di ultima scelta: un mix di plastiche residue, rifiuto che risulta da fasi di trattamento e recupero precedenti, per la maggior parte destinato a finire in discarica o ad essere incenerito. L'attività di ricerca sviluppata parte proprio da questo scarto di ultima scelta, detto PLASMIX, e dalla volontà di investigare opportunità di reintegrarlo sfruttando processi di fabbricazione digitale come la stampa 3D. La trasformazione del PLASMIX sottoforma di scaglie e granuli, infatti, ne permette l'utilizzo con stampanti 3D dotate di tecnologia per estrusione di materie plastiche. L'obiettivo raggiunto nell'ambito di questo paper riguarda la realizzazione di una serie di pale eoliche partendo da PLASMIX. Inoltre, è stata fatta un'analisi di recupero dell'energia spesa nella fase di realizzazione tramite l'uso delle pale eoliche prodotte.

Summary

This paper investigates an innovative method for the recycling of plastics from urban waste. The plastics used are last choice waste: a mix of residual plastics, waste resulting from previous treatment and recovery phases, for the most part destined to end up in landfills or to be incinerated. The research activity developed starts from this last choice waste, called PLASMIX, and from the desire to investigate opportunities to reintegrate it by exploiting digital manufacturing processes such as 3D printing. The transformation of PLASMIX in the form of flakes and granules, in fact, allows it to be used with 3D printers equipped with technology for extrusion of plastic materials. The goal achieved in this paper concerns the construction of a series of wind turbines starting from PLASMIX. Moreover, an analysis was made of the recovery of the energy spent in the construction phase through the use of the wind turbines produced.

1. Introduzione

In un contesto altamente tecnologico e costantemente indirizzato al mondo della ricerca, la tecnologia della stampa 3D si trova in una posizione abilitante nei confronti di numerosi processi industriali innovativi che prevedono l'uso di materiali di recupero. Basandosi sui principi di economia circolare, materia e processo vanno di pari passo: non può esistere il recupero del materiale senza un processo idoneo a valorizzarlo e viceversa. In particolare, l'Italia è un paese che ancora oggi si porta dietro problematiche che derivano dall'ultima grande crisi economica. Un paese che non ha mai recuperato a pieno regime le sue attività e che ha rallentato

i processi di innovazione su larga scala. Alcune innovazioni, però, hanno trovato interessanti spazi nel tessuto imprenditoriale italiano, dando respiro a nuove traiettorie e opportunità. È in questo ambito che la stampa 3D ha trovato terreno fertile diventando uno strumento fondamentale nell'industria 4.0, anche in ottica di riciclo e recupero. La tecnologia della stampa 3D a filamento fuso, infatti, si presta alla sperimentazione nell'uso di materiali plastici di recupero, agevolando le fasi di ricerca e permettendo la realizzazione di manufatti sperimentali in modo agevole. Per sua natura, il PLASMIX è un materiale che presenta caratteristiche non del tutto compatibili con setup di stampa 3D standard. Essendo il PLASMIX un prodotto di plastiche miste residue, le fasi di studio e sperimentazione hanno quindi previsto una serie di analisi e step di avanzamento.

2. Relazione

La prima fase di studio ha previsto un'accurata analisi delle materie plastiche da utilizzare nel processo di fabbricazione. Solitamente, nella stampa 3D a filamento fuso il materiale si presenta sotto forma di filamento. Il filamento ha un diametro controllato, come anche le plastiche utilizzate nella sua realizzazione sono attentamente analizzate per evitare impurità che potrebbero inficiare le capacità dei modelli realizzati. Ovviamente, queste accortezze fanno parte dei processi standard all'interno i quali la stampa 3D a filamento fuso è utilizzata: si cerca di realizzare oggetti che siano il più possibile precisi e coerenti. Nell'ambito di questa ricerca, e soprattutto nelle prime fasi, la volontà di realizzare pezzi con spiccate capacità meccaniche è stata lasciata in secondo piano. Obiettivo primo, infatti, è stata la verifica della possibilità di utilizzare il materiale recuperato (PLASMIX) in un processo di estrusione. Gli obiettivi a scalare sono stati i seguenti:

1. Recupero di un materiale stampabile e verifica di utilizzo del processo di estrusione;
2. Perfezionamento del setup di stampa 3D;
3. Ottimizzare il processo (sia nella fabbricazione che dal punto di vista energetico).

Fine ultimo di questa attività è stato quello di fare una valutazione dell'energia spesa nella fase di fabbricazione, inseguendo la volontà di ridurre il più possibile l'offset temporale tra il momento di fine produzione e il momento di totale recupero energetico, ottimizzando l'intero processo.

2.1 Materiale recuperato e rigenerazione

Nel 2016 la raccolta differenziata della plastica gestita dal Consorzio COREPLA è stata pari a 961 kt, con un aumento del 7% rispetto al 2015, mentre nell'anno 2017 la raccolta differenziata urbana della plastica ha raggiunto quota 1.073.797 tonnellate, con un aumento dell'11,7% rispetto al 2016¹. Quando si parla di plastica riciclata è necessario fare due grandi distinzioni: plastica che proviene da scarti di lavorazione della stessa plastica e che da anni è utilizzata a livello industriale; plastica che proviene dai rifiuti urbani tramite la raccolta differenziata. Quest'ultima viene avviata al riciclo per poi assumere usi differenti. Solitamente, viene trattata negli impianti di riciclaggio, trasformata in scaglie e granuli e acquistata dalle industrie che la usano come materia prima per creare nuovi prodotti. I materiali di prima scelta nel riciclo della plastica sono il PET, il polietilene ad alta densità e il PVC, i quali tornano in circolo sotto nuova forma. L'ultima materia rimanente a seguito di tutte queste fasi di recupero e trasformazioni è il PLASMIX, ultima scelta composta da plastiche miste residue e trattate come un vero e proprio rifiuto. Le quote di imballaggi in plastica che risultano di residuo a seguito di un processo di selezione della raccolta differenziata e che non sono riciclabili meccanicamente

¹ Virginia Racioppi, Antonio Giorgio, *Studio di fattibilità nell'ambito dell'economia circolare mirato al riciclo delle plastiche miste*. Roma: Ministero dello Sviluppo Economico, 2017



Fig. 1 – Plastiche di riciclo

stato recuperato presso i cementifici nazionali mentre il rimanente 34% (-1% in leggero calo rispetto al 2018) è stato utilizzato presso cementifici esteri. Il rimanente 25% (-4% rispetto al 2018) ha trovato spazio presso i termovalorizzatori efficienti, presenti in prevalenza nelle regioni del Nord Italia. Un'ulteriore categorizzazione del PLASMIX può però tornare utile. Grazie all'ausilio di processi di rifezione è possibile una nuova suddivisione di PLASMIX³, che può essere catalogato in due gruppi: 1) Famiglia A: frazioni valorizzabili attraverso il riciclo meccanico, costituite dal cosiddetto MPO (Misto Poliolefine) e MPET (Misto PET). 2); Famiglia B: ciò che rimane dopo tale rifezione e che risulta antieconomico sottoporre ad ulteriore rifezione. Si tratta di fatto di un sottoprodotto di plastiche eterogenee costituito da vari tipi di materiali plastici in cui una parte preminente è costituita da PP, HDPE, PS ed



Fig. 2 – Pellet di materiale recuperato

LDPE per finire poi con parti minime di PET, PVC ed infine con piccolissime percentuali di materiali non termoplastici come carta, stagnola, alluminio ecc. Circa 200 kt/anno di queste plastiche eterogenee vengono avviate al recupero energetico. Per quanto la tecnologia di stampa 3D a filamento fuso sia di semplice gestione, il materiale utilizzato nell'estrusione e le relative caratteristiche determinano numerosi aspetti del processo di fabbricazione. Tra queste, troviamo la costanza nel diametro del filamento utilizzato e la purezza del materiale. La stampa 3D a filamento fuso si basa su principi di costanza, detti parametri, impostati a livello software e firmware all'interno dei macchinari stessi. Se il diametro del filamento plastico usato è maggiore o inferiore rispetto a quello previsto, si cadrà inevitabilmente in problemi di blocco estrusione o mancanza di materiale. Allo stesso modo, se il materiale non è costante nella sua composizione chimica, non potrà essere usato perché andrà in conflitto coi parametri preimpostati di temperatura e velocità di fabbricazione. Da queste semplici considerazioni è facile capire come l'uso di un materiale di recupero, ultima scelta nella scala dei materiali plastici riciclati, implichi la necessità di numerose accortezze. La volontà di usare il PLASMIX in fase di produzione ha quindi spostato l'attenzione verso due traiettorie. La prima ha previsto la modifica del blocco estrusore, passando da un sistema di estrusione di filamento a un sistema di estrusione per plastica in pellet. La seconda è l'introduzione di un

mente (PLASMIX), vengono avviate a recupero energetico e, in parte residuale (in prevalenza la frazione estranea), a smaltimento in discarica. In particolare, come riporta COREPLA nella "Relazione sulla gestione 2019"², le forme attraverso le quali viene recuperato il PLASMIX sono due: a) co-combustione in cementificio; b) combustione presso i termovalorizzatori. La quota di PLASMIX trasformato in combustibile alternativo, e quindi considerabile recuperato presso i cementifici nell'anno 2019, è stata del 75%. Nello specifico, il 41% (+5% rispetto al 2018) è

LDPE per finire poi con parti minime di PET, PVC ed infine con piccolissime percentuali di materiali non termoplastici come carta, stagnola, alluminio ecc. Circa 200 kt/anno di queste plastiche eterogenee vengono avviate al recupero energetico. Per quanto la tecnologia di stampa 3D a filamento fuso sia di semplice gestione, il materiale utilizzato nell'estrusione e le relative caratteristiche determinano numerosi aspetti del processo di fabbricazione. Tra queste, troviamo la costanza nel diametro del filamento utilizzato e la purezza del materiale. La stampa 3D a filamento fuso si basa su principi di costanza,

² COREPLA, *Relazione sulla gestione 2019*. Milano: Consorzio Nazionale per la raccolta, il riciclo e il recupero degli imballaggi in plastica, 2019.

³ Guarino, Maurizio. *Caratterizzazione di materiali polimerici da riciclo*, MA Thesis, Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria - Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", a.a. 2012-2013.

blocco estrusore che potesse lavorare con flussi di estrusione ad alta intensità e che evitassero il più possibile problemi dovuti a impurità presenti nel mix di plastiche usate. Si è quindi scelto di utilizzare ugelli di grandi dimensioni. Studi simili riportano una riduzione di emissioni di CO₂ durante la stampa con materiali riciclati rispetto a plastiche vergini⁴.

2.2 Progettazione e fabbricazione digitale

La scelta di usare un blocco estrusore in grado di estrarre materiale in forma di pellet si è rivelata fondamentale per ridurre il fabbisogno energetico dell'intero progetto. La trasformazione di PLASMIX in filamento avrebbe allungato i tempi di preparazione del materiale, avrebbe richiesto ulteriori accortezze nella progettazione del sistema di estrusione e avrebbe aumentato notevolmente i costi energetici. Condizione necessaria per il corretto funzionamento di questo sistema è che il materiale in granuli rientrasse entro un range dimensionale di 2-3 mm, condizione assicurata dal processo di recupero successivo alla distruzione in scaglie. A seguito di primi test di estrusione, i risultati hanno dimostrato come il materiale fosse sufficientemente omogeneo nelle sue caratteristiche chimiche per permetterne l'estrusione e la realizzazione di manufatti in modo controllato tramite stampa 3D. L'integrazione di un ugello di grandi dimensioni si è rivelata fondamentale per la corretta riuscita di questi primi test e, successivamente, per la realizzazione delle pale eoliche. Inoltre, la dimensione dell'ugello rappresenta a tutti gli effetti un parametro di riferimento per l'intera fase di fabbricazione. Poiché il tempo di realizzazione dei manufatti è in diretta relazione col diametro dell'ugello installato nel blocco estrusore della stampante 3D, la scelta di lavorare con ugelli di diametro maggiore rispetto ai classici standard ha favorito ulteriormente la riduzione del fabbisogno energetico dell'intero processo, il quale, per la produzione di una singola pala eolica, si è concluso in qualche ora di lavoro. Alla fase di fabbricazione ha preceduto una fase progettuale estremamente accurata dove sono state considerate tutte le caratteristiche del sistema in oggetto: modello di stampante 3D utilizzata, flusso di materiale, temperatura di estrusione, diametro dell'ugello, velocità ottimale per l'estrusione, altezza dei layer, ecc. Inoltre, durante la fase di progettazione le matematiche e i percorsi eseguiti sono stati ottimizzati garantendo una produzione in assenza di supporti necessari alle parti a sbalzo dell'oggetto.



Fig. 3 – Pala eolica prodotta tramite stampa 3D

2.3 Risultati

La fase di produzione ha visto la realizzazione di diverse componenti, tutte riconducibili al funzionamento di pale eoliche. Dal punto di vista del materiale, è possibile affermare che la tenuta e le deformazioni osservate non sono salienti allo scopo del progetto. Negli innesti di funzionamento, negli assemblaggi e negli incastri non sono stati rilevati problemi che andassero oltre alle normali tolleranze considerate in fase di progettazione. Da un'analisi operativa, l'adesione tra i vari layer estrusi risulta di buona fattura, allontanando il rischio che si presentino delaminazioni o fratture di altro tipo. Complice è anche la geometria stessa degli oggetti realizzati, la quale si presta a dare buoni risultati nel suo complesso. La forma assolve completamente alla sua funzione e il discostamento del modello fisico da quello digitale

⁴ Vaibhav Gaikwad, Anirban Ghose, Sagar Cholake, Aditya Rawal, Mei Iwato, and Veena Sahajwalla. *Transformation of E-Waste Plastics into Sustainable Filaments for 3D Printing*. Sydney: Centre for Sustainable Materials and Technology, School of Materials Science and Engineering, 2018

è trascurabile. Un'attenta analisi è stata fatta nel rilievo dei consumi prodotti nella fase di realizzazione, dove la componente che ha richiesto un maggiore apporto di energia è stata quella del blocco estrusore, in quanto dotato di riscaldatore per l'estrusione. Si è calcolato che l'apporto energetico dell'intero sistema per la realizzazione della pala eolica mostrata in Fig. 3 può essere recuperato in 15 giorni a seguito dell'utilizzo della pala eolica stessa ad un regime di rendimento medio.

3. Conclusioni

Il processo appena descritto ha permesso con successo di realizzare oggetti funzionali, pronti per essere utilizzati. Notevole è la velocità di produzione di questo sistema di stampa 3D che prevede un'accurata fase di progettazione che tenga in conto parametri e caratteristiche del materiale utilizzato. Il PLASMIX si è dimostrato un materiale idoneo alla stampa 3D di grandi dimensioni, raggiungendo validi risultati di resistenza meccanica e agli urti nel contesto dei pezzi realizzati. Questo tema rappresenta un'interessante strada di ulteriore studio e sviluppo. La fase di fabbricazione ha dimostrato come la stampa 3D possa essere una tecnologia utile alla riduzione dei costi energetici di produzione. Nella fabbricazione di elementi di grandi dimensioni, il costo energetico si presenta già ridotto grazie al rapporto tra tempo di realizzazione e dimensioni dell'oggetto realizzato. Questo rapporto però non ha andamento costante nel momento in cui si riducono le dimensioni di oggetti e ugello. Anche questa è da sottolineare come una traiettoria di studio degna di maggiori approfondimenti.

Bibliografia

- [1] Racioppi, Virginia e Giorgio, Antonio, "Studio di fattibilità nell'ambito dell'economia circolare mirato al riciclo delle plastiche miste". Roma: Ministero dello Sviluppo Economico, 2017
- [2] COREPLA, "Relazione sulla gestione 2019". Milano: Consorzio Nazionale per la raccolta, il riciclo e il recupero degli imballaggi in plastica, 2019.
- [3] Guarino, Maurizio. "Caratterizzazione di materiali polimerici da riciclo" Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria - Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", a.a. 2012-2013.
- [4] Tassinari, Alessandro. "Stampa 3D e il tema del riciclo della plastica". Stampa3dforum.it (blog). Ultima modifica 04.12.2014. <https://www.stampa3d-forum.it/riciclo-plastica-stampa-3d/>.
- [5] Gaikwad, Vaibhav, Ghose, Anirban, Cholake, Sagar, Rawal, Aditya, Iwato, Mei, and Sahajwalla, Vee-na. "Transformation of E-Waste Plastics into Sustainable Filaments for 3D Printing". Sydney: Centre for Sustainable Materials and Technology, School of Materials Science and Engineering, 2018

La DigiGreen Innovation

Paolo Neri¹, paolo.neri@warranthub.it, Paolo Carrara², Eleonora Tandoz²,
¹Warrant Hub S.p.A., Correggio (RE) - ²Warrant Innovation Lab S.r.l., Correggio (RE)

Riassunto

Il Green Deal proposto dalla Commissione Europea per dimezzare le emissioni entro il 2030 ed azzerarle nel 2050 cambia in maniera significativa la visione prospettica di ciascuno di noi, dal momento che diventare il primo continente a impatto climatico zero costituisce contemporaneamente la sfida e l'opportunità più grandi del nostro tempo. La via della sostenibilità non è più solo una alternativa etica alla crescita, ma un percorso obbligato di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, i cambiamenti istituzionali e l'orientamento dello sviluppo tecnologico devono essere coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali. In questo scenario competitivo, l'applicazione delle nuove tecnologie digitali in chiave ambientale diventa dunque un elemento imprescindibile di competitività, soprattutto di fronte ad una crescente quota di consumatori sempre più attenti agli impatti delle proprie abitudini di acquisto o di comportamento. L'orientamento strategico verso una DigiGreen Innovation richiederà alle aziende una nuova generazione di profili professionali con capacità specifiche di comprensione del contesto ed in grado di far dialogare e far crescere sinergicamente le diverse figure aziendali impegnate nel marketing e nella operatività produttiva.

Summary

The Green Deal proposed by the European Commission to halve emissions by 2030 and eliminate them in 2050 significantly changes the perspective vision of each of us, since becoming the first zero climate impact continent simultaneously represents the challenge and the most great of our time. The path of sustainability is no longer just an ethical alternative to growth, but an obligatory path of change such that the exploitation of resources, the direction of investments, institutional changes and the orientation of technological development must be consistent with future needs as well as with the current ones. In this competitive scenario, the application of new digital technologies in an environmental key therefore becomes an essential element of competitiveness, especially in the face of a growing share of consumers increasingly attentive to the impacts of their purchasing habits or behavior. The strategic orientation towards a DigiGreen Innovation will need a new generation of professional profiles with specific skills to understand the context and able to interact synergistically with the people engaged in marketing and production operations.

1. Introduzione

Il futuro non è più quello di una volta. Il Green Deal¹ proposto dalla Commissione Europea per dimezzare le emissioni entro il 2030 e azzerarle nel 2050 cambia in maniera significativa la visione prospettica di ciascuno, dal momento che diventare il primo continente a impatto climatico zero costituisce contemporaneamente la sfida e l'opportunità più grande

¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

del nostro tempo. Già a livello nazionale italiano, nel proprio rapporto annuale Greenitaly² sottolinea come le performance delle imprese che abbiano investito nel *Green* siano superiori in termini di fatturato, numero di occupati ed export. Il report sottolinea alcuni aspetti di particolare interesse riguardo alle aziende che investono nel *Green*. Queste sono caratterizzate da:

- maggiore competitività;
- maggiore propensione all'innovazione (dato particolarmente evidente nelle PMI);
- maggiore adozione delle misure conformi ai piani Industria, Impresa 4.0

Questo scenario evidenzia come il *Green* sia un driver di valore sostenuto dall'applicazione delle nuove tecnologie digitali. Allo stesso tempo rappresenta una risposta alla domanda di sostenibilità da parte dei consumatori.

Questo articolo propone un approccio pragmatico per sostenere la sinergia tra *Digital* e *Green* nella realizzazione di quella che Warrant Hub e Warrant Innovation Lab propongono come DigiGreen Innovation, ovvero la capacità di pianificare una strategia di sviluppo aziendale ed industriale che integri le istanze della sostenibilità ambientale con quelle delle tecnologie digitali.

2. Politiche finanziarie nazionali ed europee

Oggi i concetti di sostenibilità e digitalizzazione sono parte integrante dei programmi di sviluppo delle istituzioni nazionali e sovranazionali. Mai come in questo momento storico sono esistiti a livello nazionale e comunitario tanti strumenti finanziari agevolativi, complementari tra di loro a sostegno dell'innovazione digitale e sostenibile. La Commissione Europea articola il proprio intervento nel prossimo futuro su tre assi principali:

- il programma Digital Europe³ che a partire dal 2021 al 2027 supporterà lo sviluppo e la diffusione delle migliori tecnologie di *supercomputing*, *artificial intelligence* e *cybersecurity*, con una dotazione finanziaria che supera gli 8 miliardi di Euro;
- Horizon Europe⁴, il nuovo programma quadro per la ricerca e l'innovazione il cui budget nello stesso arco temporale è di 100 miliardi di Euro;
- il Green Deal⁵, il piano di investimenti da 1000 miliardi di Euro previsti entro il 2050 per dimezzare le emissioni del continente entro il 2030 e azzerarle nel 2050.

Digital Europe sosterrà i processi di digitalizzazione del settore pubblico e di quello privato attraverso la creazione di una rete internazionale di European Digital Innovation Hub che si collocheranno come veri e propri centri di eccellenza tecnologica dove le imprese o le pubbliche amministrazioni potranno rivolgersi per perfezionare la propria trasformazione digitale. Horizon Europe, invece, sarà il nuovo programma quadro per la Ricerca e l'Innovazione, ovvero lo strumento finanziario con cui la Commissione Europea sosterrà progetti strategici internazionali finalizzati alla creazione o alla prima applicazione di tecnologia disruptive. Sul fronte ambientale, alla fine del 2020 debutteranno le prime call del Green Deal, il nuovo piano strategico di lungo periodo finalizzato a trasformare l'Europa nel primo continente ad emissioni zero entro il 2050.

A livello nazionale, il piano Transizione 4.0⁵ prevede 3 linee di agevolazione a supporto di interventi *Digital* senza tralasciare i temi *Green*:

- il Credito d'imposta Ricerca, Sviluppo, Innovazione e Design⁶ intende stimolare proprio la spesa privata in ricerca, sviluppo ed innovazione tecnologica per sostenere la competitività

² <https://www.symbola.net/ricerca/greenitaly-2019/>

³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/europe-investing-digital-digital-europe-programme>

⁴ https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en

⁵ <https://www.mise.gov.it/index.php/it/transizione40>

⁶ <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incentivi/impresa/credito-d-imposta-r-s>

delle imprese e favorire i processi di transizione digitale e nell'ambito dell'economia circolare e della sostenibilità ambientale;

- il Credito d'imposta per investimenti in beni strumentali⁷ supporta ed incentiva le imprese che investono in beni strumentali nuovi, materiali e immateriali, funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale dei processi produttivi;

- il nuovo Credito d'imposta formazione 4.0⁸ favorisce gli investimenti delle imprese nella formazione del personale sulle materie aventi ad oggetto le tecnologie rilevanti per la trasformazione tecnologica e digitale.

Sebbene sia riconosciuta un'importanza strategica sia ai temi *Green* che a quelli *Digital*, quanto proposto a livello europeo e italiano configura azioni di finanziamento in modo specifico, definendo di fatto visione esclusiva tra le due tematiche.

3. Digital e Green tra rischi e opportunità

La netta distinzione tra *Green* e *Digital* nei programmi di incentivo nazionale ed europeo costituisce una forzante finanziaria nei confronti delle imprese. Ciò influenza le decisioni strategiche di investimento e si concretizza in una risposta disgiunta alle esigenze tecnologiche ed ambientali.

3.1 *Green e Digital nei processi decisionali aziendali*

Comunemente accade che all'interno delle aziende, in particolare delle PMI, i temi *Digital* e *Green* siano affrontati da persone diverse. In particolare, le esigenze *Digital* sono generalmente affidate alle *Operations*, mentre le necessità *Green* sono appannaggio del *Marketing*. Ad aggravare la situazione, oltre alla separazione delle responsabilità e delle competenze, spesso queste figure non hanno un adeguato scambio di informazioni. Il punto di convergenza è spesso dettato dalla gerarchia aziendale che coinvolge il CEO e/o il CFO al momento di validare le proposte di investimento in relazione agli obiettivi aziendali e valutare quali potenziali contributi siano disponibili per sostenerli finanziariamente. Questo approccio disgiunto costituisce una sorgente di rischio notevole, sotto diversi punti di vista. La diffusa consapevolezza dei consumatori/clienti in merito ai temi *Green* rende sempre più svantaggioso trattare la sostenibilità meramente in termini di comunicazione e marketing, ovvero cadere nel rischio del *Greenwashing*⁹. Infatti, questo ha un impatto negativo sulle intenzioni di acquisto dei consumatori, che sanno distinguere una azienda che abbia veramente integrato la sostenibilità nella propria strategia di business da una che lo faccia a mero scopo commerciale, rendendolo un rischio da evitare [1–3]but studies on the effects of greenwashing on consumers are still limited. Using a 4 × 2 randomized experimental design, this study examines such effects by determining whether consumers respond differently to greenwashing, silent brown, vocal green, and silent green organizations selling hedonic products (perfume. Per contro, dal punto di vista tecnologico le PMI hanno competenze di altissimo livello per ciò che riguarda il core business. Tuttavia, queste soffrono di un'eccessiva focalizzazione che tende a limitare l'effettivo sfruttamento delle potenzialità che le tecnologie 4.0 offrono. Confindustria rileva che l'84,7% delle imprese beneficiarie della misura dell'iper-ammortamento non aveva mai effettuato investimenti in tecnologie 4.0 prima dell'introduzione dell'agevolazione fiscale¹⁰, sottolineando così l'effetto prevalente della leva fiscale rispetto alla consapevolezza tecnologica, alla base della pianificazione degli investimenti. Situazione ben sintetizzata da quella che

⁷ <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incentivi/impresa/credito-d-imposta-beni-strumentali>

⁸ <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incentivi/impresa/credito-d-imposta-formazione>

⁹ <https://it.wikipedia.org/wiki/Greenwashing>

¹⁰ <https://www.confindustria.it/home/centro-studi/temi-di-ricerca/valutazione-delle-politiche-pubbliche/tutti/dettaglio/crescono-gli-occupati-grazie-agli-investimenti-agevolati-in-tecnologie-4.0>

potremmo definire la “*sindrome del porta tazza*”¹¹. I rischi sono reali e rappresentano potenziali perdite economiche per le aziende che non sanno gestirli. Tuttavia, allo stato attuale del sistema economico globale, *Digital* e *Green* sono percorsi di sviluppo irrinunciabili, occasione di generazione di valore su cui fondare anche nuovi modelli di business.

3.2 *Digital e Green per la creazione di valore*

Sia *Digital* sia *Green* sono temi promotori di innovazione del sistema economico tramite la generazione di valore e relativi modelli di business dedicati. Industry 4.0, significa quarta rivoluzione industriale [4, 5], ovvero quarta occasione nella storia in cui la tecnologia ha la capacità di rendere remunerativi modelli di business precedentemente preclusi ed impensati [6–9]. Mentre l'introduzione di tecnologia di ultima generazione è percepita come valore dalla maggior parte degli imprenditori e manager, la sostenibilità è un valore apprezzato dal mercato ma che fatica ad essere percepito come remunerativo. Tuttavia, è in corso una evoluzione dell'approccio verso il *Green*, sempre più sfruttato come leva per la creazione di valore [10]. I dati del settore della moda, seconda industria più inquinante a livello mondiale, confermano che la tematica ambientale avrà un'influenza sempre crescente sulla brand reputation e sulle abitudini d'acquisto dei consumatori [11]. In particolare, in risposta alla disponibilità da parte del 70% dei consumatori a scegliere un prodotto ecosostenibile al posto di uno a maggiore impatto ambientale, spendendo il 5% o il 10% in più, la percentuale di prodotti ecosostenibili venduti nei negozi multimarca a livello globale è destinata a salire dal 23% al 42% nei prossimi 5 anni. La via della sostenibilità non è più dunque solo una alternativa etica alla crescita, quanto un percorso obbligato di reale cambiamento degli attuali modelli di produzione e consumo [12].

4. La sinergia strategica: DigiGreen Innovation

Digital e *Green* sono temi che un'impresa deve necessariamente considerare nel proprio sviluppo. Nonostante la proposta politico-finanziaria li veda come due percorsi distinti e paralleli, la sinergia dei due è l'elemento di innovazione che sta mostrando la maggior portata strategica.

4.1 I casi emergenti di sinergia

Negli ultimi anni sono comparsi importanti contributi scientifici ed applicativi che ne dimostrano l'importanza e ne anticipano le potenzialità. Tra le applicazioni più discusse di convergenza tra *Digital* e *Green* compare l'Internet-of-Things (IoT) [13–18]”9”,”7”]],”author”:[{“dropping-particle”：“”,”family”：“Guillen”,”given”：“Alex”,”non-dropping-particle”：“”,”parse-names”：false,”suffix”：“”}],”id”：“ITEM-1”,”issued”:[{“date-parts”：[[“0”]]}],”title”：“A sustainable supply chain with IoT: it's time for IT leaders to step up”,”type”：“webpage”}],”uris”:[“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=513ddfc4-465e-349d-9a1a-7fb-933b6fad3”]],{“id”：“ITEM-2”,”itemData”：{“DOI”：“10.23919/PICMET.2017.8125369”,”ISBN”：“9781890843366”,”abstract”：“Demands towards sustainable choices in business operations are increasing and more influential solutions are required. This means changes and development of innovations that allow the creation of new markets and value networks by combining new set of sustainability -driven values-finding disruptive innovations for sustainability. Increased digitalization is seen to provide multiple value creation mechanisms and possibilities by enhancing the more effective use of resources. The emergence of IOT (Internet of Things). L'IoT è inteso come un sistema di monitoraggio e remotizzazione dei dati in real-time al fine di misurare correttamente ed oggettivamente quanto accade lungo la vita o il funziona-

¹¹ <https://www.satellites.co.uk/forums/threads/true-story-from-a-novell-netwire-sysop.4651/>

mento del bene monitorato. Altri contributi propongono strategie di gestione dei dati relativi alla sostenibilità basate sulla Blockchain [19–21]. Questo metodo di tracciabilità *peer-to-peer* permette la gestione paritaria del dato, risolvendo molte delle problematiche di condivisione e accesso alle informazioni che caratterizzano i sistemi di gestione centralizzata e proprietaria. Questi contributi evidenziano quanto le tecnologie digitali siano strategiche per concretizzare e rendere efficaci, oltre che efficienti, gli interventi per la sostenibilità degli apparati industriali. Viceversa, in un sistema che sempre più richiede performance ambientali certificabili e monitorabili, la sostenibilità si deve tradurre in investimenti in tecnologie digitali.

4.2 *La tecnologia non basta*

La sinergia tecnologica e metodologica tra *Digital* e *Green* non risolve i problemi che i due temi pongono. Gli investimenti in tecnologia digitale, esattamente come quelli in comunicazione della sostenibilità, sono condizione necessaria ma non sufficiente per l'implementazione di una strategia aziendale efficace. Quanto evidenziato da Unruh ed Etersson [22], a proposito di sostenibilità, risulta invariato anche per la sua integrazione con le tecnologie digitali: può essere implementata efficacemente soltanto attraverso una precisa strategia di accentuazione. Ciò significa principalmente far emergere e sfruttare le potenzialità *Green* del proprio assetto attuale; nel caso del *Digital*, significa sfruttare al meglio le proprie tecnologie digitali per massimizzare la sostenibilità. L'accentuazione implica competenza. Secondo la definizione data dalla Commissione Europea¹², le tecnologie abilitanti sono tecnologie “ad alta intensità di conoscenza e associate ad elevata attività di Ricerca & Sviluppo, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese d'investimento e a posti di lavoro altamente qualificati”. Se l'accentuazione è senza dubbio il primo passo di questo processo di cambiamento, lo sviluppo e l'acquisizione di competenze sono necessariamente gli step successivi. L'investimento in capitale umano, nella sua formazione e riqualificazione diventa uno strumento fondamentale per la promozione di un cambiamento in grado di rendere duraturi i benefici degli investimenti tecnologici e marketing. La competenza e la conseguente consapevolezza riguardo ai temi *Digital* e *Green* sono gli strumenti attraverso i quali Warrant Hub e Warrant Innovation Lab intendono promuovere la sinergia tra *Digital* e *Green* rendendola vettore di innovazione ad alto impatto strategico. La DigiGreen Innovation è quindi, soprattutto, un approccio basato sulle competenze di integrazione delle due tematiche finora trattate separatamente. L'orientamento strategico della DigiGreen Innovation nella Value Proposition aziendale passa necessariamente per una nuova consapevolezza che le imprese devono maturare in relazione ai propri obiettivi aziendali. Richiede infatti una nuova generazione di profili professionali con capacità specifiche di comprensione del contesto ed in grado di far dialogare e far crescere sinergicamente le diverse figure aziendali impegnate nel marketing e nella operatività produttiva. In particolare, sarà necessario avere professionisti in grado di tradurre gli input che vengono dal mercato in requisiti e specifiche tecniche da una parte; dall'altra dovrà poter valorizzare le implementazioni tecnologiche digitali in termini di sostenibilità per generare nuovi lead o nuove nicchie di mercato in termini di marketing. Di fatto per le imprese italiane, si rende necessaria la creazione di “Ambassador” della DigiGreen Innovation, una nuova figura professionale in grado di gestire la creazione di nuove proposte di valore.

4.3 *L'approccio della DigiGreen Innovation*

L'agenzia multinazionale Adecco riporta che a livello di competenze richieste dal mondo del lavoro, quelle che faranno la parte del leone nel futuro prossimo saranno essenzialmente

¹²https://www.researchitaly.it/uploads/477/staff_working_document_sec512_key_enabling_technologies_en.pdf

due: le skill digitali e quelle legate ai temi della sostenibilità e della green economy¹³. Nello specifico, solo in Italia saranno circa 300 mila profili professionali a cui verranno richieste competenze matematiche e informatiche, digitali o connesse all'industria 4.0. Queste skill tecniche, però, dovranno essere affiancate da robuste capacità di tipo relazionale e trasversale, come il pensiero critico, la condivisione, la negoziazione. Questo perché, se lo sviluppo tecnologico continua a correre, le conoscenze tecniche invecchiano altrettanto rapidamente e si rimane competitivi solo se si ha un profilo professionale solido e completo. Sul fronte dell'ecosostenibilità, invece, si stima che saranno addirittura oltre mezzo milione le opportunità di lavoro in cui saranno fondamentali competenze da green economy. Si tratta di skill specifiche e innovative, come l'ottimizzazione delle risorse, l'efficientamento dei consumi, e il riuso delle materie prime. L'unione di queste competenze tecniche, relazionali ed ambientali forma il profilo professionale ideale del DigiGreen Ambassador, una nuova figura aziendale in grado di tradurre input e desiderata provenienti dal mercato in requisiti tecnici, tecnologici e produttivi ben definiti. Grazie a metodologie di innovazione sistematica, quali ad esempio TRIZ, è già possibile sistematizzare molte di queste attività, dal reperimento di informazioni pertinenti, alla gestione delle priorità, fino all'individuazione delle strategie per migliorare l'offerta di valore aziendale. L'esperienza sinergica maturata da Warrant Hub e dalla controllata Warrant Innovation Lab nel campo dell'eco-innovazione, della formazione della ricerca e del trasferimento tecnologico rappresentano un panel di competenze significativo per la formazione di una nuova generazione di Ambassador aziendali sul tema della DigiGreen Innovation. L'Ambassador, poi, non dovrà essere unicamente il depositario della conoscenza: parte fondamentale del suo lavoro sarà trasferire la conoscenza e la consapevolezza maturate per amplificare la portata e l'efficacia della strategia DigiGreen, in perfetta compliance con piano Transizione 4.0 ed il particolare con il Credito d'Imposta Formazione. Questa misura, infatti, è volta a sostenere gli investimenti delle imprese nella formazione delle persone sulle materie aventi ad oggetto le tecnologie rilevanti per la trasformazione tecnologica e digitale delle imprese, a patto che l'attività di docenza sia svolta da personale interno all'azienda stessa.

4.4 I primi passi

Con l'obiettivo di diventare prima di tutto un punto di riferimento interno all'azienda in termini di competenza, e poi un fattore chiave nello sviluppo e nella diffusione del modello a livello nazionale, Warrant Hub ha già investito sulla creazione di un Dottorato di Ricerca (PhD Industrial Executive) presso l'Università di Torino sul tema della DigiGreen Innovation, riservato al personale dipendente dell'area Engineering per aumentarne il livello di conoscenza tecnica e scientifica sulle competenze necessarie alla formazione dei futuri DigiGreen Ambassador delle imprese italiane. I percorsi di dottorato dell'Università di Torino rappresentano dunque un'opportunità per instaurare il prezioso rapporto tra la ricerca accademica, il territorio e l'industria per affrontare con energia nuova le sfide dell'innovazione. Con il finanziamento di n.3 borse di studio per il 2020 e di n.3 borse di studio per il 2021, il dottorando svilupperà il proprio percorso di ricerca con 80 ore all'anno direttamente presso l'Università di Torino, mentre continuerà a lavorare nell'area engineering di Warrant a supporto delle aziende clienti, potendo però contare sul costante supporto dei ricercatori dell'ateneo e dei suoi laboratori.

¹³ www.springitaly.com, dati elaborati dal Centro Studi di The Adecco Group su fonti Unioncamere – Excelsior - Anpal

5. Conclusioni

Non c'è alternativa allo sviluppo sostenibile e le tecnologie digitali sono un ottimo modo per attuarlo.

Tuttavia, la visione delle politiche finanziarie considerano i temi Digital e Green separatamente e soggetti a programmi di incentivazione indipendenti. Questo approccio esclusivo si traduce in una forzante verso le direzioni aziendali che tende a separare i due temi e ad ostacolare un loro contributo strategico sinergico. Ciononostante, la sinergia tra i due temi si sta diffondendo e i primi casi applicativi dimostrano quanto questo approccio integrato sia fonte di valore per l'azienda e la filiera. Ma la tecnologia non è sufficiente per generare valore. Al fine di massimizzare le potenzialità della tecnologia è necessario approfondire la conoscenza di entrambi i temi, acquisire consapevolezza del loro potenziale, tradurlo in azioni di sostenibilità e comunicarle correttamente. La DigiGreen Innovation quindi non si esaurisce nell'adozione di tecnologia digitale a fini di sostenibilità. Anzi, essa acquisisce dignità con l'accrescimento di competenze delle figure preposte alla sua diffusione e attuazione, nella capacità di definizione della strategia di sviluppo integrato e di sviluppare valore attraverso la proposta di nuovi modelli di business. L'approccio proposto per l'implementazione della DigiGreen Innovation è attraverso una figura professionale, l'Ambassador, che trasferisce e diffonde le competenze all'interno dell'azienda. A questo sono dedicati i percorsi di dottorato di ricerca che andranno a definire le competenze e le metodologie più adeguate per la implementazione e la diffusione di questo scenario strategico.

Bibliografia

- [1] **De Jong MDT, Harkink KM, Barth S** (2018) *Making Green Stuff? Effects of Corporate Greenwashing on Consumers*. J Bus Tech Commun
- [2] **Khandelwal M, Sharma A, Jain V** (2019) *Greenwashing: A Study on the Effects of Greenwashing on Consumer Perception and Trust Build-Up*.
- [3] **Winston A** (2010) *Avoiding Greenwash and its Dangers*. Harv Bus Rev
- [4] **Kagermann H, Lukas W, Nachrichten WW-V**, (2011) *Undefined Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution*. dfki.de
- [5] **Schwab K** (2016) *The Fourth Industrial Revolution*. World Econ Forum
- [6] **Leadership SB-S&**, 2012 *Undefined Digital transformation: opportunities to create new business models*. Emerald.com
- [7] **Remane G, Hanelt A, Nickerson RC, Kolbe LM** (2017) *Discovering digital business models in traditional industries*. J Bus Strategy
- [8] **Berman SJ** (2012) *Digital transformation: Opportunities to create new business models*. Strateg Leadersh
- [9] **Teece DJ, Linden G** (2017) *Business models, value capture, and the digital enterprise*. J Organ Des 6:
- [10] **Onisto L** (1999) *The business of sustainability*
- [11] **McKinsey&Co** (2019) *Global Sustainability Report: sustainability matters, but does it sell?*
- [12] **Nidumolu R, Prahalad CK, Rangaswami MR** (2009) *Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation*
- [13] **Guillen A** (2020) *A sustainable supply chain with IoT: it's time for IT leaders to step up*. <https://www.information-age.com/sustainable-supply-chain-iot-it-leaders-123483163/>.
- [14] **Nasiri M, Tura N, Ojanen V** (2017) *Developing disruptive innovations for sustainability: A review on Impact of Internet of Things (IOT)*. In: PICMET 2017 - Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management for the Interconnected World, Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [15] **Tao F, Wang Y, Zuo Y** (2016) *Internet of Things in product life-cycle energy management*. J Ind Inf Integr
- [16] **Bibri SE** (2018) *The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability*. Sustain Cities Soc

- [17] **Mylonas G, Amaxilatis D, Chatzigiannakis I** (2018) *Enabling Sustainability and Energy Awareness in Schools Based on IoT and Real-World Data*. IEEE
- [18] **De Vass T, Shee H, Miah SJ** (2020) *IoT in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability*.
- [19] **Venkatesh VG, Kang K, Wang B**, (2020) *System architecture for blockchain based transparency of supply chain social sustainability*. Robot Comput Integr Manuf
- [20] **Saberi S, Kouhizadeh M, Sarkis J, Shen L** (2019) *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management*. Int J Prod Res
- [21] **Treiblmaier H** (2019) *Combining Blockchain Technology and the Physical Internet to Achieve Triple Bottom Line Sustainability: A Comprehensive Research Agenda for Modern Logistics and Supply Chain Management*. Logistics 3:10
- [22] **Unruh G, Ettenson R** (2010) *Growing green*. Harv Bus Rev

E-CO₂- Produzione ed utilizzo nei cicli industriali di combustibili sintetici da CO₂ ed energia elettrica rinnovabile

Giuseppe Nigliaccio giuseppe.nigliaccio@enea.it, Samuele Branchetti, Ramona Agostini ENEA CROSS-TEC, Bologna, Roberto Scaccabarozzi, Francesco Magli, Manuele Gatti LEAP, Piacenza, Augusto Bianchini, Alessandro Guzzini CIRI FRAME – UniBO, Bologna, Federica Bianchi, Agostino Gambarotta, Mirko Morini, Nicolò Riboni CIDEA, Parma, Laura Saragoni Romagna Tech, Faenza

Riassunto

Il progetto E-CO₂, cofinanziato dal POR FESR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna, si pone l'obiettivo di analisi e sperimentazione, mediante la realizzazione impianti prototipali, di combustibili innovativi prodotti da CO₂ ed idrogeno (da energia elettrica rinnovabile), da utilizzarsi in sostituzione di combustibili tradizionali. La possibilità di implementare tali soluzioni all'interno del tessuto industriale regionale, caratterizzato da importanti emissioni di CO₂, rappresenta uno step obbligato per la decarbonizzazione energetica e per il miglioramento della competitività economica. Il progetto, che sviluppa in maniera simbiotica tecnologie per la riduzione delle emissioni e sistemi di efficientamento della produzione ed accumulo energetico da fonti rinnovabili, rappresenta un ponte necessario per la realizzazione delle nuove filiere industriali del futuro da implementare soprattutto laddove siano presenti impianti con emissione di CO₂ (agroindustria, settore ceramico, cementifici, trasporti, ecc).

Summary

The E-CO₂ project, co-financed by the ERDF ROP 2014-2020 of the Emilia-Romagna Region, aims to analyze and test, through the construction of prototype plants, innovative fuels produced from CO₂ and hydrogen (from renewable electricity), to be used in place of traditional fuels. The possibility of implementing these solutions within the regional industrial network, characterized by significant CO₂ emissions, represents a mandatory step for energy decarbonisation and for improving economic competitiveness. The project, which develops in a symbiotic way technologies for the reduction of emissions and systems to improve production efficiency and energy storage from renewable sources, represents a necessary bridge for the realization of the new industrial supply chains of the future to be implemented especially in the presence of plants with CO₂ emissions (agro-industry, ceramic industry, cement factories, transport, etc...).

1. Introduzione

La riduzione dei consumi e degli impatti ambientali, al fine di mitigare le possibili conseguenze dovute all'alta percentuale di combustibili fossili utilizzati, sono obiettivi prioritari delle politiche energetiche europee, nazionali e regionali. Gli accordi di Parigi indicano la necessità di una drastica riduzione delle emissioni di CO₂, responsabili dell'incremento della temperatura media del pianeta; la Comunità Europea ha fissato una riduzione del 40%, rispetto ai livelli del 1990, entro il 2030, con obiettivi nazionali vincolanti ed estesi anche a settori non

coperti dal mercato UE del carbonio (ETS). Obiettivi che spingono la ricerca verso nuove soluzioni tecnologiche per l'utilizzo di vettori energetici ad emissioni minori di quelli attuali. Fra le soluzioni più promettenti per l'industria di processo ad elevata intensità energetica o per gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonti fossili, vi è la cattura ed utilizzo della CO₂ (CCU), tecnologia che può trovare applicazione anche nella produzione di gas rinnovabili (ad esempio upgrading a biometano) al fine di poter ridurre le emissioni locali di CO₂.

Riguardo la possibilità di sostituzione delle fonti fossili con quelle rinnovabili, si rende necessaria l'evoluzione di sistemi per l'accumulo di grandi quantitativi di energia in modo che si possa gestire le importanti variazioni tra domanda/offerta tipiche dell'aleatorietà delle fonti rinnovabili. In tal senso, una straordinaria opportunità è rappresentata dalla possibilità di utilizzo della CO₂ per la produzione di combustibili rinnovabili che abbiano caratteristiche compatibili con le infrastrutture già presenti (ad esempio rete gas). Ciò permette di poter accumulare l'energia elettrica prodotta dalle fonti rinnovabili sotto forma di combustibile. La CO₂ emessa durante l'utilizzo di questi combustibili è quella sottratta dalle emissioni in atmosfera dei cicli produttivi; pertanto il riutilizzo della CO₂ per la produzione di combustibili sintetici in sostituzione del carbonio di origine fossile, comporta una neutralizzazione delle emissioni nell'intero ciclo di produzione-utilizzo.

Diversi ambiti settoriali (industriale, utilities, trasporti, ecc) sono estremamente interessati allo sviluppo di queste tecnologie che, oltre agli aspetti energetico/ambientali, permetterebbero l'interazione tra rete elettrica e gas naturale, con implicazioni di tipo economico ed occupazionale.

2. Relazione

Il progetto ha analizzato alcuni aspetti peculiari dei sistemi di cattura ed utilizzo della CO₂, stimando le emissioni in Regione Emilia-Romagna; per gli aspetti che riguardano la produzione di combustibili a partire da idrogeno e CO₂, sono stati sviluppati dei modelli matematici che saranno validati mediante la realizzazione di 3 prototipi che utilizzano tecnologie diverse.

2.1 Emissioni di CO₂ in Emilia-Romagna e tecnologie di cattura della CO₂

Al fine di stimare il potenziale di produzione di CO₂ da fonti fossili in Emilia-Romagna, sono stati consultati i dati più aggiornati pubblicati da ARPAE (2015) ^[1] e ISPRA (2017) ^[2] e sono stati confrontati con altre fonti europee (ad es. il JRC-Edgar database e i dati pubblicati dall'European Environment Agency). Tab. 1 mostra il confronto tra le emissioni di CO₂ diretta in Emilia-Romagna e in Italia raggruppandole in sei categorie.

| | Emilia-Romagna (2015) [1] | | Italia (2017) [2] | |
|---|------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | kt _{CO2} /a | % _{regionale} | kt _{CO2} /a | % _{nazionale} |
| Produzione di energia (impianti di potenza) | 9 094 | 28.2 | 104 220 | 29.9 |
| Industria da combustibili fossili | 1 225 | 3.8 | 50 120 | 14.4 |
| Industria da processo | 1 202 | 3.7 | 17 435 | 5.0 |
| Trasporti | 11 773 | 36.6 | 98 391 | 28.2 |
| Riscaldamento | 8 913 | 27.7 | 78 357 | 22.5 |
| Agricoltura | n.a. | n.a. | 435 | 0.1 |
| Totale | 32 207 | 100.0 | 348 958 | 100.0 |

Tab. 1 – Confronto tra le emissioni di CO₂ in Emilia-Romagna e in Italia.

Le emissioni relative ai settori della produzione di energia e dell'industria sono prodotte in pochi impianti, di media o grande taglia, per via della natura concentrata dei relativi processi. Al contrario, le categorie dei trasporti e del riscaldamento sono costituite da un significativo numero di piccoli emettitori che, raggruppati, contribuiscono però per quasi due terzi delle emissioni regionali. Come indicato dalle maggiori agenzie internazionali nel campo dell'energia e del cambiamento climatico (e.g. IEA ^[4] e IPCC ^[3]), non esiste un'unica strategia per l'abbattimento delle emissioni applicabile a tutti i settori, ma è necessario sviluppare un portfolio di tecnologie al fine raggiungere l'obiettivo di limitare l'incremento della temperatura media globale al di sotto 1.5 °C ^[3].

Tra le varie possibilità, le tecnologie di cattura della CO₂ appaiono come una soluzione promettente per limitare significativamente le emissioni del settore industriale e degli impianti di produzione elettrica a ciclo combinato, questi ultimi molto diffusi in Italia, e in grado di svolgere un ruolo chiave nella transizione ad un mix di produzione elettrica sempre più orientato verso le fonti rinnovabili, come anticipato dal piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC 2030).

La cattura della CO₂ si basa sulla separazione (tramite processi fisici, chimici o chimico-fisici) della CO₂ da un flusso gassoso, al fine di produrre un flusso "decarbonizzato" che può essere emesso in atmosfera (senza alterare l'effetto serra) e un flusso di CO₂ "catturata" e resa disponibile ad elevata purezza. La CO₂ catturata può essere stoccata in idonee formazioni geologiche per impedirne il rilascio in atmosfera (secondo l'approccio CCS) oppure riutilizzata per produrre combustibili o altri chemicals, secondo l'approccio denominato Carbon Capture and Utilization (CCU).

In base alle statistiche pubblicate da TERNA (2017), il 67% dell'energia elettrica in Emilia-Romagna è generato da sette impianti a ciclo combinato che contribuiscono all'emissione di 5823 kt_{CO2} ogni anno, pari al 64% delle emissioni totali del settore della produzione di potenza ^[8]. Il 50% e il 32% delle emissioni totali del settore industriale (da combustibili fossili + da processo) sono invece generate rispettivamente da quattro impianti chimici e da due cementifici ^[8]. A differenza dei cicli combinati, dove la concentrazione di CO₂ nei fumi è attorno al 4 %_{mol}, gli impianti industriali sono caratterizzati da concentrazioni comprese tra il 20 e il 40 %_{mol}, il che rende particolarmente interessante e relativamente meno dispendioso, energeticamente, il processo di cattura della CO₂.

Nell'ambito del progetto E-CO2, sono stati selezionati due casi studio rilevanti per la regione Emilia-Romagna, per i quali sarà svolta un'analisi tecnico-economica:

Impianto per la produzione di cemento con sistema Calcium Looping per cattura della CO₂ ^{[9][10]}
 Ciclo combinato con un processo post-combustione di cattura basato su un solvente chimico.

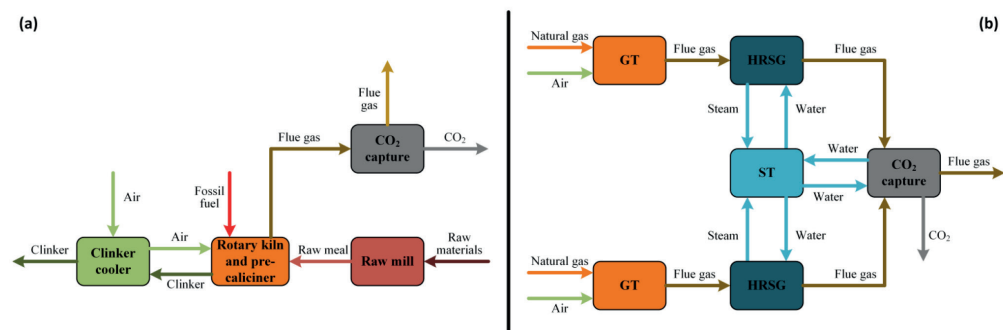


Fig. 1 – Schema a blocchi dei casi studio rilevanti per la regione Emilia-Romagna, a) impianto per la produzione di cemento con sistema di cattura basato sul sistema Calcium Looping integrato sviluppato nell'ambito del progetto Cleanker^[9], b) ciclo combinato con sistema di cattura post-combustione basato su solvente chimico.

2.2 Produzione di idrogeno ed accumulo energetico da fonte rinnovabile non programmabile

L'utilizzo di energia elettrica rinnovabile per la produzione di combustibili è un processo noto come Power to Gas (P2G) o Power to Liquid (P2L) a seconda che il combustibile prodotto sia liquido o gassoso e permette la trasformazione di energia elettrica a chimica (diversificazione del vettore energetico). La trasformazione del vettore energetico avviene mediante una prima conversione di energia elettrica in idrogeno, P2H. Questo passaggio condiziona in maniera considerevole la catena dei rendimenti energetici ed anche i costi di impianto, pertanto risulta particolarmente importante analizzare e sviluppare tecnologie e modalità di esercizio che possano migliorare questi gli aspetti.

Di seguito si riportano le tecnologie per l'elettrolisi dell'acqua differenziate per tipo di elettrolita, materiali anodo e catodo, temperatura di funzionamento, efficienza, applicabilità, vantaggi, svantaggi, e obiettivi di sviluppo ^[11].







| | Alkaline (OH ⁻) electrolysis | | Proton Exchange (H ⁺) electrolysis | | Oxygen (O ²⁻) electrolysis | |
|-----------------------------|---|---|---|--|---|--|
| | liquid | Polymer Electrolyte Membrane | | Solid Oxide Electrolysis (SOE) | | |
| | Conventional | Solid alkaline | H ⁺ - PEM | H ⁺ - SOE | H ⁺ - SOE | Co-electrolysis |
| Operation principles |  |  |  |  |  |  |
| Charge carrier | OH ⁻ | OH ⁻ | H ⁺ | H ⁺ | O ²⁻ | O ²⁻ |
| temperature | 20-80°C | 20-200°C | 20-200°C | 500-1000°C | 500-1000°C | 750-900°C |
| Electrolyte | liquid | solid (polymeric) | solid (polymeric) | solid (ceramic) | solid (ceramic) | solid (ceramic) |
| Efficiency | 59-70% | | 65-82% | up to 100% | up to 100% | |
| Applicability | commercial | laboratory scale | near-term commercialization | laboratory scale | demonstration | laboratory scale |
| Advantages | low capital cost, relatively stable, mature technology | combination of alkaline and H ⁺ - PEM electrolysis | compact design, fast response/start up, high purity H ₂ | enhanced kinetics, thermodynamics: lower energy demands, low capital cost | | + direct production of syngas |
| Disadvantages | corrosive electrolyte, gas permeation, slow dynamics | low OH ⁻ conductivity in polymeric membranes | high cost polymeric membranes; acidic: noble metals | mechanically unstable electrodes (cracking), safety issues: improper sealing | | |
| Challenges | improve durability/reliability and Oxygen Evolution | improve electrolyte | reduce noble-metal utilization | microstructural changes in the electrodes: delamination, blocking of TPBs, passivation | | C deposition, microstructural change electrodes |

Fig. 2 – Confronto tra le tecnologie di elettrolisi dell'acqua

La variazione di tensione al variare della corrente rappresenta la curva di polarizzazione della cella elettrolitica e fornisce indicazioni sulle performance dell'elettrolizzatore. La tensione è funzione della tensione reversibile a circuito aperto, della sovratensione di attivazione, della sovratensione ohmica e della sovratensione di concentrazione. Le sovratensioni, oltre al variare con la corrente, sono influenzate dalle condizioni operative di temperatura e pressione. La figura 3a mostra l'andamento delle sovratensioni di una cella elettrolitica al variare della corrente, mentre la figura 3b mostra come la temperatura e la pressione influenzano la curva di polarizzazione^[12].

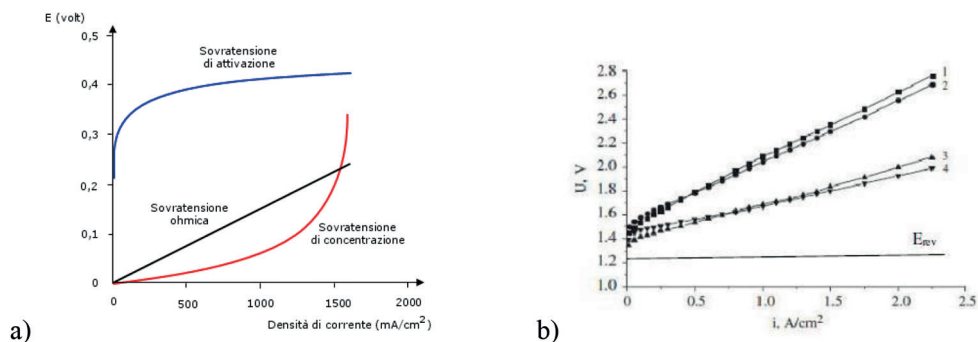


Fig. 3 – a) Andamento sovratensioni in una cella elettrolitica; b) curva di polarizzazione per una cella elettrolitica PEM per differenti valori di temperatura e pressione. (1) $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{ Bar}$; (2) $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 25\text{ Bar}$; (3) $T = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{ Bar}$; (4) $T = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 25\text{ Bar}$

La tecnologia polimerica è una delle più interessanti per le applicazioni PtG, poiché, caratterizzata da una rapida risposta, si adatta meglio alla variabilità della domanda/risposta di energia elettrica ed alla funzione di accumulo; inoltre presenta tra i vantaggi anche la compattezza e l'alto grado di purezza dell'idrogeno prodotto. La sperimentazione di prototipi polimerici PEM, AEM ed alcalino consentirà di ottimizzare le performance in funzione di temperatura e pressione. L'aumento della pressione di esercizio riduce i costi energetici per l'eventuale compressione del gas.

2.3 Realizzazione e sperimentazione di un prototipo per la produzione di combustibili sintetici

Nonostante il Power to Hydrogen (P2H) rappresenti, ad oggi, la soluzione tecnologica più semplice e a maggior TRL da implementare in Italia nel breve termine, sono numerose le barriere tecnologiche che impediscono di sfruttarne appieno il potenziale, ovvero soddisfare i target di decarbonizzazione fissati a livello internazionale. Infatti, un sistema energetico basato unicamente sul P2H, richiederebbe la presenza sul territorio di un'infrastruttura per il trasporto le cui prestazioni, livelli di sicurezza e costi di gestione non siano inficiati dalla presenza di idrogeno. In realtà, la concentrazione di idrogeno nelle reti gas è limitata, principalmente, da aspetti come: riduzione della densità e del potere calorifico trasportato a parità di pressione^[13] ed eventuali problemi di off-design nel caso di aumento di portata^[14], possibili fenomeni di infragilimento^[15], variazioni nell'arco dell'anno del potere calorifico trasportato^[16], limiti operativi dei dispositivi esistenti installati presso gli utenti finali^[13].

Quindi, appare chiaro che il P2H possa rappresentare una soluzione solo per il breve-medio termine ma non per il lungo periodo, ovvero nel momento in cui la conversione del surplus di energia elettrica rinnovabile potrebbe essere limitata non tanto dalla presenza di impianti rinnovabili, quanto dalla potenzialità dell'infrastruttura gas per il trasporto dell'idrogeno esistente. Queste considerazioni giustificano gli sforzi della ricerca rivolti ai processi per la conversione dell'idrogeno in combustibili sintetici quali, per esempio, metano sintetico (SNG), in forma gassosa o liquefatto, prodotto attraverso reazione Sabatier e dimetiletere (DME)^[17]. Sebbene l'introduzione di un ulteriore elemento impiantistico comporti una riduzione dell'efficienza complessiva del sistema rispetto al P2H^[18], la richiesta di CO₂ per la produzione dei combustibili sintetici consentirebbe di evitarne l'emissione in atmosfera. I combustibili sintetici, inoltre, potrebbero essere impiegati in numerose applicazioni in sostituzione dei combustibili fossili tradizionali senza che vi siano, in linea di principio, limiti analoghi a quelli che descritti per l'idrogeno.

Nonostante le premesse, validare la fattibilità tecnica ed economica degli impianti per lo scopo è condizione necessaria per giustificare l'ingresso massivo nel sistema energetico italiano. Per questi motivi il progetto svilupperà la progettazione, realizzazione e sperimentazione di tre impianti per la produzione di combustibili sintetici rinnovabili caratterizzati da tecnologie e TRL diverso, ovvero metano sintetico ad elevato grado di purezza^[19] e dimetiletere. Inoltre, è stato sviluppato e validato un metodo analitico per la determinazione di dimetil etere (DME) mediante gas cromatografia-spettrometria di massa (GC-MS). Il DME, estratto tramite tecniche solvent-free quali microestrazione in fase solida o spazio di testa statico è successivamente analizzato mediante gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa. La validazione è stata eseguita in accordo alle linee guida EURACHEM^[22] Inoltre saranno analizzate e verificate, mediante dati sperimentali, le prestazioni del processo di liquefazione di gas naturale con impianti di piccola taglia per la produzione di LNG ad uso veicolare.

2.4 Sviluppo di modelli dinamici di impianti per la produzione di combustibili sintetici da CO₂ e energia elettrica rinnovabile

I processi di conversione dell'energia considerati richiedono l'integrazione di diversi componenti che hanno caratteristiche funzionali molto differenti. Alla complessità degli impianti P2G che ne deriva occorre aggiungere un aspetto significativo, che è legato alla intrinseca variabilità delle fonti rinnovabili che necessariamente li alimentano. La disponibilità di strumenti matematici in grado di costituire i "digital twins" degli impianti al fine di simularne il comportamento in condizioni sia stazionarie che nei transitori è quindi un aspetto importante che è stato preso in considerazione nel progetto. Sulla base delle competenze esistenti^[21] è stata, quindi, avviata una specifica attività finalizzata allo sviluppo di modelli matematici per la simulazione ed il calcolo delle prestazioni dei sistemi in esame. L'obiettivo è identificare le grandezze di interesse e le equazioni fondamentali da utilizzare per costituire il modello matematico di ciascun componente, delineandone l'architettura e la causalità fisica per consentire un facile interfacciamento con quelli degli altri elementi dell'impianto. In primo luogo, è stato quindi definito lo schema di un impianto P2G con i relativi componenti (Fig. 4), per poi avviare la costruzione dei modelli di ciascuno di essi.

I modelli descritti saranno singolarmente validati sulla base di dati sperimentali sia di letteratura che ricavati nel corso del progetto. Inoltre, verranno realizzati, con lo stesso approccio, i modelli relativi agli altri componenti di interesse (compressori, serbatoi per lo storage di H₂ e scambiatori di calore) che saranno poi utilizzati per costruire il modello complessivo dell'impianto PtG schematizzato.

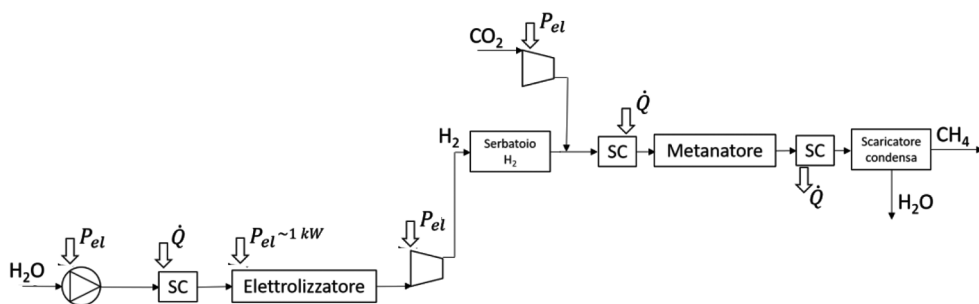


Fig. 4 – Lo schema tipico di un impianto Power-to-Gas considerato per la costruzione dei modelli.

3. Conclusioni

Il progetto E-CO₂ si propone di analizzare in maniera sinergica parecchi aspetti e tecnologie innovative e che rappresentano lo sviluppo del settore energetico e ambientale in un'ottica di filiera virtuosa. Sebbene in letteratura siano presenti attività sperimentali volte a verificare le prestazioni degli impianti per la produzione di combustibili sintetici ^[19], non si trovano contributi volti a verificare e massimizzare le prestazioni dell'impianto complessivo, ovvero comprendente le sezioni di elettrolizzazione, compressione e stoccaggio, metanazione e, eventualmente nel caso di SNG, liquefazione. Inoltre, allo stato dell'arte la maggior parte delle informazioni necessarie per la realizzazione del "business plan" risultano spesso confidenziali, dunque, non disponibili.

Le attività del progetto E-CO₂, dunque, si pongono come obiettivo di rispondere a questi quesiti attraverso un'intensa attività sperimentale, ovvero fornire con i risultati della ricerca le evidenze necessarie a giustificare una strategia di investimento a livello regionale e nazionale.

Bibliografia

- [1] Agenzia Regionale per la Prevenzione l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia Romagna (ARPAE), Aggiornamento dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera dell'Emilia-Romagna Relativo all'Anno 2015 (INEMAR-ER 2015), 2019.
- [2] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018 - National Inventory Report 2020, 2020.
- [3] V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield, Global warming of 1.5°C - An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, 2019.
- [4] International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2019, 2019.
- [5] Ministero per lo Sviluppo Economico, Piano Nazionale Integrato Energia e Clima, (2020). <https://www.mise.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2040668-pniec2030> (accessed September 4, 2020).
- [6] International Energy Agency (IEA), 20 Years of Carbon Capture and Storage - Accelerating Future Deployment, 2016.
- [7] Terna S.p.A., Statistiche regionali 2017, 2019.
- [8] European Environmental Agency (EEA), Pollutant Releases, (2020). <https://prtr.eea.europa.eu/#/pollutantreleases> (accessed September 1, 2020).
- [9] Laboratory of Energy and Environment of Piacenza - LEAP scarl, Cleanker project, (2020). <http://www.cleanker.eu/home-page-it> (accessed September 1, 2020).
- [10] E. De Lena, M. Spinelli, M. Gatti, R. Scaccabarozzi, S. Campanari, S. Consonni, G. Cinti, M.C. Romano, Techno-economic analysis of calcium looping processes for low CO₂ emission cement plants, *Int. J. Greenh. Gas Control.* 82 (2019) 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.01.005>.
- [11] H. Y. Jun Chi, «Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen,» *Science Direct*, 2017
- [12] Grigoriev, «Pure hydrogen production by PEM electrolysis for hydrogen energy,» *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 31, 2006
- [13] Altfeld, K., Pinchbeck, D. Admissible hydrogen concentrations in natural gas systems. 2013. *Gas for energy*. ISSN 2192-158X.
- [14] Gondal, I.A. *Hydrogen integration in power-to-gas networks*. 2019. *International Journal of Hydrogen Energy*. 44, pp. 1803-1815.
- [15] Melaina, M., Antonia, O., Penev, M. *Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues*.
- [16] Hydrogen Europe. *Hydrogen Europe Vision on the Role of Hydrogen and Gas Infrastructure on the Road Toward a Climate Neutral Economy-A Contribution to the Transition of the Gas Market*. 2019.
- [17] Götz, M., Lefebvre, J., Mörs, F., Koch, A.M, Graf, F., Bajor, S., Reimert, R., Kolb, T. *Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review*. 2016. *Renewable Energy*. Vol. 85, pp. 1371-1390.

- [18] Guzzini, A., Pellegrini, M., Pelliconi, E., Saccani, C. *Analysis of Power-to-Gas plant configurations for different applications in the Italian framework*. 2020. XXV Summer School Francesco Turco.
- [19] Barbarossa, V., Vanga. *Methanation of carbon dioxide*. 2011. XXXIV Meeting of the Italian Section of the Combustion Institute.
- [20] Castellani, B., Gambelli, A.M., Morini, E., Nastasi, B., Presciutti, A., Filipponi, M., Nicolini, A., Rossi, F. *Experimental Investigation on CO₂ Methanation Process for Solar Energy Storage Compared to CO₂-Based Methanol Synthesis*. 2017. *Energies*.
- [21] Gambarotta A., Morini M., Rossi M., Stonfer M., *A library for the simulation of smart energy systems: the case of the Campus of the University of Parma*, *Energy Procedia* 105 (2017) 1776–1781, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.514>.
- [22] AA.VV., *Eurachem Guide, The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. Second edition (2014) <https://www.eurachem.org/index.php/publications/guides/mv>

La piattaforma NUTRIMAN per tecnologie e fertilizzanti provenienti da filiere di riciclo e recupero di materia e energia

Massimo Pugliese^{*,**} massimo.pugliese@unito.it, *Federico Trucco*^{*}, *Maria Lodovica Gullino*^{*,**},
Edward Someus^{***}

^{*}Centro di Competenza per l'Innovazione in Campo agro-ambientale (Agroinnova) –
Università degli Studi di Torino – Grugliasco (TO), Italia.

^{**}Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DiSAFA) – Università degli Studi di
Torino – Grugliasco (TO), Italia.

^{***}3R-BioPhosphate Ltd., Ungheria.

Riassunto

Il progetto NUTRIMAN è una rete tematica che mira sia a diffondere alle aziende agricole conoscenze e informazioni relative alle possibilità tecnologiche ed applicative di recupero di azoto e fosforo da rifiuti e sottoprodotti, sia a migliorare il trasferimento di tecnologie utili al recupero di elementi nutritivi. La funzione divulgativa del progetto assume particolare importanza considerando che la nuova normativa UE sui fertilizzanti (Reg. CE 1009/2019) raggiungerà lo stato di piena attuazione nel 2022, anno entro il quale utilizzatori professionisti e agricoltori dovranno conoscere, per poterli utilizzare in maniera consapevole, i principali prodotti provenienti da filiere di recupero di azoto e fosforo disponibili sul mercato. A tal proposito è stata predisposta una piattaforma multilingue (www.nutriman.net) dove poter consultare le migliori tecnologie e prodotti provenienti da filiere di recupero di azoto e fosforo.

Summary

The NUTRIMAN project is a thematic network that aims both to disseminate knowledge and information relating to the technological and application possibilities of nitrogen and phosphorus recovery from bio-wastes and by-products to farms, and to improve the exploitation and transfer of technologies useful for the recovery of nutrients. The dissemination function of the project assumes particular importance considering that the new EU Regulation on fertilizers (EC Reg. 1009/2019) will reach the state of full implementation in 2022, the year in which agricultural practitioners will have to know, in order to be able to use them consciously, the main products from nitrogen and phosphorus recovery chains commercially available. This is exploited through a multilingual web platform (www.nutriman.net) where it is possible to consult the best “ready-for-practice” recovered bio-based fertiliser technologies and products.

1. Introduzione

A oggi solo il 5% dei rifiuti organici è riciclato e utilizzato come fertilizzante, anche se questi potrebbero sostituire fino al 30% dei concimi minerali esistenti. Nel caso del fosforo ad

esempio, il nostro continente scarseggia di questo elemento ed è quasi totalmente dipendente da Paesi extra-europei per l'approvvigionamento a tal punto che la Commissione Europea lo ha inserito nella lista dei Critical Raw Materials, sottolineandone la scarsa reperibilità come risorsa primaria, nonché la difficoltà di recupero da fonti secondarie [1]. Sempre secondo la Commissione Europea, l'UE importa ogni anno oltre 6 milioni di tonnellate di fosfati, ma potrebbe recuperare fino a 2 milioni di tonnellate di fosforo da fanghi di depurazione, rifiuti biodegradabili, farine animali o letami attraverso tecnologie di recupero degli elementi nutritivi [2]. C'è pertanto una forte necessità di una maggiore sostenibilità del sistema agricolo e di chiusura del ciclo delle sostanze nutritive, con lo sviluppo di un ciclo virtuoso tra le zone urbane e rurali e il passaggio da un'economia lineare a una circolare.

2. Relazione

2.1 Il progetto europeo NUTRIMAN

Il progetto europeo NUTRIMAN coinvolge un consorzio di 16 enti provenienti da 8 paesi (Belgio, Francia, Germania, Italia, Olanda, Polonia, Spagna e Ungheria) [3]. Il progetto ha una durata triennale e fin dal primo anno ha stilato un inventario dettagliato sui risultati, ottenuti da ricerche condotte a livello europeo e finanziate da 7^o PQ/H2020/LIFE/GO-PEI, che si sono dimostrati innovativi nel campo delle metodologie produttive e dei prodotti fertilizzanti provenienti da filiere di recupero di azoto, fosforo ed altri elementi nutritivi, pronti ad essere immessi sul mercato ma non ancora sufficientemente conosciuti dalle aziende agricole. Quasi 600 progetti sono stati identificati e invitati a partecipare alla rete tematica di NUTRIMAN. È stato, inoltre, istituito un comitato consultivo di agricoltori (FAB), finalizzato a selezionare le migliori tecnologie e prodotti provenienti da filiere di recupero dei nutrienti. In concomitanza a questa attività di raccolta, selezione e diffusione di informazioni, sono state avviate dal 2019 anche delle prove dimostrative di campo con l'obiettivo di fare meglio conoscere i nuovi fertilizzanti in vista dell'entrata in vigore del nuovo Regolamento europeo sui fertilizzanti (Reg. CE 1009/2019), la cui entrata in vigore è prevista per il 16 luglio 2022 [4].

2.2 La piattaforma per gli agricoltori

Con la collaborazione delle aziende che hanno aderito, sono stati predisposti numerosi materiali divulgativi e formativi sulle tecnologie ed i prodotti, resi gratuitamente disponibili tramite la "Piattaforma NUTRIMAN" (<https://nutriman.net/farmer-platform>). La piattaforma si configura come un utile strumento per conoscere e far conoscere fertilizzanti provenienti da tutta Europa, prodotti attraverso filiere di recupero dei nutrienti. Il sito è disponibile inoltre in inglese, francese, tedesco, polacco, spagnolo, olandese e ungherese. Da esso è possibile accedere agevolmente al Catalogo Europeo dei fertilizzanti e delle tecnologie di produzione selezionati dal progetto NUTRIMAN. È possibile effettuare ricerche mirate utilizzando un sistema di filtri che consente di focalizzare la ricerca sul numero identificativo del prodotto o della tecnologia sulla piattaforma, su parole chiave, oppure a seconda della nazione di appartenenza, del livello di sviluppo tecnologico e del tipo di agricoltura che si addice all'utilizzo del prodotto su cui ci si vuole informare [5].

Sulla "Piattaforma NUTRIMAN", nella sezione italiana è inoltre possibile disporre di diversi video a carattere divulgativo riguardanti le prove dimostrative condotte in Italia con i fertilizzanti di recupero.

2.3 I fertilizzanti della piattaforma NUTRIMAN

Tra i fertilizzanti (P) provenienti da filiere di recupero e le relative tecnologie produttive (T), inseriti nella piattaforma NUTRIMAN ed utilizzati inoltre in prove dimostrative in Ita-

lia ed in altri Paesi Europei, si citano in particolare i seguenti: biofosfato (P:192-T:193), cenere AshDec® (P:397-T:398), struvite (P:208-T:207 e P:250-T:258), compost (P:210-T:209 e P:280-T:279) e digestato (P:270-T:269).

2.3.1 *Il biofosfato*

Il biofosfato è un fertilizzante organico, costituito da un'apatite minerale di fosfato di calcio trattato termicamente e trasformato ad elevate temperature interne (circa 850°C), ottenuto da ossa animali macinate di grado alimentare. Il biofosfato è strutturato in macropori e contiene circa il 92% di elementi minerali e l'8% di carbonio con un contenuto economicamente rilevante di P_2O_5 a rilascio controllato compreso fra il 30% e il 35%. L'elevata macroporosità migliora l'attività microbica del suolo e garantisce un rilascio controllato dei nutrienti [6].

Nelle prove dimostrative si è utilizzato il biofosfato (P:192), proveniente dall'azienda ungherese 3R-Agrocarbon, disponibile in tre diverse formulazioni ottenute mediante la miscelazione del fertilizzante grezzo con compost. Dal punto di vista del contenuto in elementi nutritivi presenta un titolo maggiore del 30% in P_2O_5 e maggiore o uguale al 38% in CaO. Si tratta di un prodotto che opportunamente miscelato con compost di alta qualità risulta di facile distribuzione con un comune spandiletame. Il biofosfato di partenza, prima di essere miscelato con il compost, è inoltre consentito in agricoltura biologica. Per poter utilizzare in agricoltura biologica la miscela finale biofosfato+compost è quindi necessario che anche quest'ultimo sia certificato. È consigliato in orticoltura, frutticoltura, viticoltura, in risaia e su tabacco. Le dosi di utilizzo possono variare da 200kg*ha⁻¹ a 1.500kg*ha⁻¹ in funzione delle caratteristiche del suolo, della fascia climatica e della coltura su cui viene applicato, con una spesa minima di circa 500€*ha⁻¹ franco partenza.

2.3.2 *Le ceneri AshDec®*

Si tratta del residuo solido e polverulento ottenuto mediante il trattamento termochimico ossidativo nell'ambito di processi di combustione ossidativa o di gassificazione semi-ossidativa. Le ceneri si distinguono in ceneri volanti o ceneri pesanti o in loro combinazioni ottenute attraverso l'incenerimento di materiali organici mediante ossidazione. Le ceneri ottenute mediante incenerimento possono essere post-trattate allo scopo di rimuovere parzialmente i metalli e i metalloidi e di aumentare la disponibilità di nutrienti vegetali nei complessi di ceneri. Le ceneri possono essere ottenute da impianti di incenerimento che sono progettati specificamente allo scopo di produrre materiali a base di cenere da utilizzare come fertilizzanti o possono essere un residuo di produzione derivante da un processo finalizzato allo smaltimento dei rifiuti o alla produzione di un prodotto primario diverso (ad esempio l'energia). Grandi quantità di ceneri vengono prodotte attraverso impianti di co-incenerimento che combinano gli scopi della produzione di energia con lo smaltimento dei rifiuti, specialmente se costituiti da materiali di scarto a basso potere calorifico o ad alto contenuto di umidità. Il co-incenerimento è un percorso di smaltimento dei rifiuti economicamente valido e ampiamente applicato per molti rifiuti ricchi in elementi nutritivi [7].

La cenere prodotta con la tecnologia AshDec® (T:398) nasce a partire dal progetto europeo SUSAN EU-FP6. Nel forno rotativo le ceneri dei fanghi reagiscono con Na_2SO_4 (AshDec® depollution) o $MgCl_2$ (AshDec® Rhenania) lasciando evaporare i metalli pesanti e precipitare le ceneri contenenti fosfati. Le scorie prodotte hanno un quantitativo di P_2O_5 medio del 20% [7].

Dal punto di vista del contenuto in macroelementi presenta 0% N, 15-25 % P_2O_5 in funzione della matrice di partenza, 1% K_2O . Si tratta di un prodotto molto polverulento e che, per questo motivo, presenta delle difficoltà nella gestione delle operazioni di distribuzione. Questo fertilizzante, autorizzato all'uso esclusivo in agricoltura convenzionale, è utilizzabile su qual-

siasi tipo di coltura e non esistono, al momento, prezzi e dosaggi di applicazione consigliati in quanto il prodotto non è ancora in commercio.

2.3.3 *La struvite*

La struvite, ovvero il fosfato idrato di ammonio e magnesio, è un minerale fosfatico inorganico con formula $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ che contiene circa il 22% di P_2O_5 ottenuto da processi di precipitazione.

La struvite si cristallizza nel sistema ortorombico sotto forma di cristalli piramidali caratterizzati da un colore bianco-giallastro o bianco-brunastro o in forme simili a microsferi piatte. È il sale più comune che consente il recupero di fosforo e azoto dalle acque reflue ed è considerata un fertilizzante prezioso e a lento rilascio (5-28-0-10 Mg), in quanto è moderatamente solubile in condizioni neutre e alcaline ma facilmente solubile in acido citrico. La precipitazione di struvite avviene in condizioni alcaline quando la concentrazione di Mg^{2+} , NH_4^+ e PO_4^{3-} supera la solubilità del prodotto [8].

Una combinazione di parametri fisici e chimici controlla il complesso meccanismo di precipitazione della struvite. Uno dei principali fattori è il pH, in quanto modifica la concentrazione di ioni liberi disponibili per la reazione. All'aumentare del pH, le concentrazioni di Mg^{2+} e NH_4^+ diminuiscono, poiché il primo si complessa con idrossidi e il secondo aumenta la sua volatilizzazione sotto forma di ammoniaca (NH_3). D'altra parte, le concentrazioni di PO_4^{3-} aumentano all'aumentare del pH. Il pH è anche coinvolto nel controllo della solubilità della struvite, che viene minimizzata a valori di pH compresi tra 9 e 10,7 [8].

La struvite presenta il notevole vantaggio di avere un contenuto relativamente elevato di fosfato di ammonio e magnesio (22% circa). Per contro è caratterizzata da una bassa solubilità in acqua, dalla presenza di potenziali residui farmaceutici e altre contaminazioni [9].

Tuttavia, diversi studi dimostrano come la struvite sia un fertilizzante a basso contenuto di metalli pesanti e di altri inquinanti e che i nutrienti sono presenti in forma disponibile, rendendo la struvite adatta all'uso agricolo come fertilizzante a lenta cessione [10-11-12].

Sul piano della distribuzione è possibile utilizzare un comune spandiconcime pneumatico o a doppia ventola: lo spandimento della struvite P:208 può essere paragonabile a quello di un'urea prilled (500-800 micron) mentre la struvite P:250 è un prodotto più polverulento che, però, tende a condensare più facilmente.

La P:208 è prodotta da Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM) in Spagna. È un prodotto che non si trova ancora in commercio e a livello locale è stato studiato a dosaggi di $1170\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ su patate e $970\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ su frumento per un costo di circa $200\text{-}260\text{€} \cdot \text{ha}^{-1}$ franco partenza. La P:250 è prodotta invece da Fundación Cartif, sempre in Spagna. È un prodotto che non si trova ancora in commercio e a livello locale è stato studiato al dosaggio di $140\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ su prati stabili, cereali, colture da tubero o radice, per un costo di circa $250\text{-}400\text{€} \cdot \text{ha}^{-1}$ franco partenza. Ad oggi, non è consentito l'impiego delle due tipologie di struvite in agricoltura biologica.

2.3.4 *Compost*

Il compost è un materiale simile all'humus, derivato dal compostaggio di materiali organici a seguito dell'azione di batteri aerobici, funghi e altri organismi. A seconda del metodo di compostaggio, delle dimensioni, dell'intensità delle operazioni che lo caratterizzano e del tipo di materiale sottoposto al processo, è possibile ottenere compost molto diversi dal punto di vista qualitativo. Gli aspetti qualitativi del compost sono di fondamentale importanza per garantirne un uso corretto in agricoltura. La scelta degli agricoltori di utilizzare il compost è infatti strettamente collegata a vari aspetti qualitativi del compost stesso. La qualità del compost è determinata dallo stato generale del compost in relazione alle caratteristiche fisiche, chimiche

e biologiche. Questi parametri sono indicatori dell'impatto finale che il prodotto ha sull'ambiente. In particolare, i parametri più importanti dal punto di vista delle norme in materia di protezione ambientale, di salute pubblica e di protezione del suolo sono quelli relativi agli agenti patogeni, ai composti inorganici e organici potenzialmente tossici e alla stabilità del compost. Gli ambiti applicativi del compost sono: il miglioramento del suolo, la fertilizzazione delle colture, lo sviluppo di fenomeni repressivi nei confronti delle malattie delle piante e anche altre applicazioni. Il compost è comunemente usato come ammendante del suolo per aumentarne il contenuto di sostanza organica e la fertilità migliorandolo sul piano fisico, chimico e biologico. Il valore nutritivo dei compost e la loro capacità di migliorare la qualità del suolo li rendono ideali per l'impiego in agricoltura. I compost hanno il vantaggio di aumentare significativamente il contenuto di sostanza organica del suolo (SOM), un indicatore chiave della qualità del suolo stesso che, purtroppo, è in calo in molte parti del mondo. Ci sono molti composti all'interno del compost che influenzano la fertilità biologica nel suolo, migliorandone le caratteristiche fisiche e chimiche. Gli acidi umici migliorano la struttura del suolo favorendo indirettamente la penetrazione delle radici delle piante. Aumentando lo sviluppo radicale, si ha una maggiore stabilità degli alberi, mitigando al contempo eventuali stress idrici. Ulteriori benefici dell'aggiunta di compost al suolo sono l'aumento dell'attività biologica, la riduzione dei fenomeni erosivi, la diminuzione della densità apparente, il miglioramento della stabilità strutturale, l'aumento della disponibilità di nutrienti e del loro assorbimento da parte delle piante, l'aumento della capacità di ritenzione idrica del suolo.

L'utilizzo del compost è interessante anche in sostituzione della torba, in particolare dopo le recenti e crescenti preoccupazioni in riferimento all'estrazione della torba riguardanti i danni agli habitat naturali delle torbiere da parte dell'industria orticola che ha portato all'adozione di substrati alternativi. Tuttavia, i compost difficilmente possono essere impiegati da soli come substrato; è necessario eseguire prove di germinazione o analisi del compost al fine di determinarne l'idoneità perché in alcuni casi potrebbero danneggiare o far deperire le piante a causa dell'eccessiva salinità.

Tra i compost inseriti nel catalogo Nutriman, si citano P:210 e P:280. Il P:210, prodotto in Italia da Acea Pinerolese, presenta un contenuto in elementi nutritivi medio di 2,4% N (s.s.), 2,3% P₂O₅ (s.s.), 1,3% K₂O (s.s.). Il P:280, prodotto da IMOG in Belgio, ha un range compreso fra 1,22-1,62% N% (s.s.), 0,45-0,61% P₂O₅ % (s.s.), 0,87-1,26 K₂O% (s.s.). Per una corretta distribuzione dei prodotti è possibile utilizzare un comune spandiletame. Questi due compost sono indicati su qualsiasi tipo di coltura e il dosaggio consigliato varia fra 10t*ha⁻¹ e 30t*ha⁻¹ in funzione del suolo, del clima e degli asporti colturali, per un costo complessivo compreso tra 210€*ha⁻¹ e 630€*ha⁻¹ franco partenza.

2.3.1 Digestati

I digestati sono miscele umide ottenute dal processo di digestione anaerobica di matrici organiche in cui i microrganismi scompongono i materiali organici in assenza di ossigeno.

Si tratta di fertilizzanti che contengono tutti i principali macronutrienti e i micronutrienti, inclusi azoto, fosforo e potassio. Poiché durante la digestione anaerobica non vengono persi nutrienti, l'agricoltore può chiudere il ciclo nutrizionale con il loro completo riutilizzo. Inoltre, la sostanza organica presente nei digestati può aumentare il contenuto di humus nel suolo, che è fondamentale per la coltivazione in terre aride e semi-aride a basso contenuto di carbonio. La percentuale di azoto prontamente disponibile è maggiore nei digestati rispetto ai materiali organici nella loro forma grezza: di conseguenza aumenta il suo valore del fertilizzante [13]. Un'ulteriore caratteristica positiva dei digestati è che tramite il processo di fermentazione perdono di vitalità molti dei semi delle infestanti [14].

Il digestato pellettato (P:270) prodotto da Arbio Bvba in Belgio è stato utilizzato nelle prove

dimostrative. Questo digestato presenta 2,89 N%, 5,07% P₂O₅, 1,80% K₂O e viene commercializzato. Si tratta di un prodotto pellettato distribuibile con uno spandiconcime a doppia ventola. Questo digestato pellettato è indicato su qualsiasi tipo di coltura e il dosaggio consigliato è mediamente di 4t*ha⁻¹ opportunamente da modulare in funzione del suolo, del clima e degli asporti colturali, per un costo complessivo compreso fra i 100€*ha⁻¹ e i 180€*ha⁻¹ franco partenza.

3. Conclusioni

Il progetto europeo NUTRIMAN si distingue per il deciso intento di voler scoprire e condividere assieme agli agricoltori le più importanti novità in materia di utilizzo dei nuovi fertilizzanti ottenuti a partire da filiere di recupero di N e P in agricoltura. Ciò è di assoluta attualità e di imminente interesse per gli agricoltori stessi, in quanto dal 2022 cambierà indiscutibilmente l'offerta dei fertilizzanti nei singoli Paesi dell'Unione Europea. Il tentativo di abbinare la raccolta, la selezione e la divulgazione delle informazioni già presenti sul web ad intense e proficue attività di sperimentazione dei prodotti in campo configura il progetto Nutriman come perno fondamentale per favorire il processo comunicativo fra i produttori di fertilizzanti e gli agricoltori. Questo processo è indispensabile per ottenere le informazioni necessarie da un lato per la produzione di fertilizzanti di recupero sempre più sostenibili sul piano agronomico, ambientale ed economico, dall'altro per il corretto e consapevole impiego dei medesimi, in un panorama, quello dei fertilizzanti, in continua ed esponenziale evoluzione.

Bibliografia e sitografia

- [1] **Commissione Europea** (2017). COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI concernente l'elenco 2017 delle materie prime essenziali per l'UE. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/IT/COM-2017-490-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF>
- [2] **Fangueiro D., Snauwaert E., Provolo G., Hidalgo D., Adani F., Kabbe C., Bonmati A., Brandsma J.** (2017). EIP-AGRI Focus Group - Nutrient recycling Mini-paper – Available technologies for nutrients recovery from animal manure and digestates.
- [3] **Pugliese M., Gullino M. L.** (2019). NUTRIMAN, un progetto Horizon 2020 per la diffusione dei risultati scientifici alle aziende agricole. Protezione delle Colture, 12 (2), 75.
- [4] **Regolamento (UE) 2019/1009** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 giugno 2019, che stabilisce norme relative alla messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti dell'UE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1009>
- [5] **Pugliese M., Trucco F., Gullino M. L.** (2020). La piattaforma per gli agricoltori del progetto europeo NUTRIMAN: un utile strumento per conoscere i fertilizzanti prodotti da filiere di recupero. Protezione delle Colture, 13 (1), 34.
- [6] **Someus E., Pugliese M.** (2018). Concentrated Phosphorus Recovery from Food Grade Animal Bones. Sustainability, 10, 2349.
- [7] https://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/waste/documents/JRC_Interim_Report_STRUBIAS_recovery_rules.pdf
- [8] **Lema J.M., Suarez S.** (2017). Innovative Wastewater treatment & resource recovery technologies. Impacts on Energy, Economy and Environment. IWA publishing, 690 pagine. ISBN 9781780407869.
- [9] **Kern J., Heinzmann B., Markus B., Kaufmann N., Soethe N., Engels C.** (2008). Recycling and Assessment of Struvite Phosphorus from Sewage Sludge, Agricultural Engineering International. CIGR Ejournal, 10 (12 01), 1-13.
- [10] **de Boer M. A.** (2018). Uptake of pharmaceuticals by sorbent-amended struvite fertilisers recovered from human urine and their bioaccumulations in tomato fruit. Water Research, 133, 18-26.

- [11] **Battistoni P., Pavan P., Prisciandaro M., Cecchi F. (2000)**. Struvite crystallization: a feasible and reliable way to fix phosphorus in anaerobic supernatants. *Water Resources*, 34, 3033-3041.
- [12] **Nawa Y. (2009)**. P-recovery in Japan - the PHOSNIX process. A Poster from BALTIC 21 - Phosphorus Recycling and Good Agricultural Management Practice.
- [13] **Peratoner G., Matteazzi A. (2012)**. Aspetti agronomici ed ambientali dell'impiego del digestato da biogas in agricoltura. *Obstbau und Weinbau*, 49 (1), 226.
- [14] <https://www.europeanbiogas.eu/digestate-factsheet/>

Siero e sanse di oliva per il biometano: valutazione analitica per indirizzare e regolarne la scelta

*Mariangela Soldano m.soldano@crpa.it, Mirco Garuti, Erika Sinisgalli, Sergio Piccinini
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia - Reggio Emilia*

Riassunto

Gli scarti ottenuti nei processi produttivi industriali possono essere recuperati e re-introdotti come risorsa nel ciclo produttivo, minimizzando la produzione di rifiuti. Le sanse ottenute dal processo di lavorazione dell'olio e il siero derivante dalla produzione del formaggio sono le categorie indagate e valutate nel presente lavoro. I risultati mostrano come la caratterizzazione chimica e la valutazione del potenziale metanigeno siano strumenti utili ad indirizzare e regolare la scelta, la gestione e la valorizzazione di questi sottoprodotti e scarti di natura organica negli impianti di biogas. La produzione specifica in metano (BMP) è risultata: 346 Nm³/t di solidi volatili (SV) per la sansa denocciolata bifase, 214 Nm³/t SV per la sansa trifase e 405 Nm³/t SV per il siero.

Summary

The residues obtained by industrial production processes can be recovered and reintroduced as a resource in a production cycle, minimizing waste production. The oil pomace obtained from the oil processing process and the whey resulting from the production of cheese are the categories characterized and evaluated in this work. The results show how the chemical characterization and the evaluation of the biochemical methane potential are useful tools to address and regulate the choice, management and enhancement of by-products and organic residues in biogas plants. The specific methane rate (BMP) resulted: 346 Nm³/t of volatile solids (VS) for 2-phase oil pomace, 214 Nm³/t VS for 3-phase oil pomace and 405 Nm³/t VS for whey.

1. Introduzione

La produzione di biometano apre nuove opportunità per il settore biogas in Italia e la scelta della tipologia della biomassa da utilizzare per la produzione di energia rinnovabile può essere influenzata da molteplici fattori che prendono in considerazione sia aspetti tecnici ed economici ma anche le norme vigenti in materia. CRPA ha valutato alcune delle biomasse elencate anche nel Decreto Ministeriale 10/10/14 e nel recente Allegato A del GSE riguardante chiarimenti in merito all'individuazione delle materie prime utilizzabili negli impianti di produzione e incentivazione del biometano "avanzato" come biocarburante destinato ai trasporti, evidenziando le loro caratteristiche chimiche e la produzione specifica di metano al fine di fornire esempi e strumenti utili ad indirizzare e regolare la scelta, la gestione e la valorizzazione di sottoprodotti e scarti di natura organica. Vengono riportati, a titolo di esempio, i risultati di analisi di campioni di sansa (bifase e trifase) e di siero di latte derivante dalle lavorazioni lattiero-casearie. La produzione di quantità non trascurabili di questi sottoprodotti

dall'elevato contenuto di sostanza organica li rende idonei all'uso in digestione anaerobica. I residui del processo di estrazione dell'olio di oliva sono le acque di vegetazione e la sansa vergine umida. La loro produzione è fortemente stagionale e, generalmente, si rende disponibile da ottobre a febbraio, con un picco nel mese di novembre. In Italia la produzione annua di sansa è di 2,5-3 milioni di tonnellate [1], oltre alle acque di vegetazione.

Il siero viene normalmente utilizzato, ove possibile, per l'alimentazione zootecnica e la produzione di derivati (ricotta, lattosio alimentare, permeato liquido o in polvere, sieroproteine concentrate in polvere, ecc.). La quantità di siero residuo prodotto solo della lavorazione a Parmigiano-Reggiano nel comprensorio, è di circa 1,6 milioni di tonnellate/anno [2]. Vi sono, tuttavia, aree in cui per la mancanza di impianti di trattamento e di allevamenti idonei al riutilizzo, il siero di latte viene trattato in impianti di depurazione. Data l'alta concentrazione della componente organica questi effluenti possono creare seri problemi di smaltimento e quindi altamente inquinanti per l'ambiente. Nel 2020, per aiutare il settore lattiero-caseario in difficoltà a seguito dell'emergenza Coronavirus Covid-19 alcune regioni italiane hanno ulteriormente favorito la valorizzazione energetica, negli impianti biogas, del siero di latte in eccesso.

2. Relazione

I dati elaborati provengono dall'archivio di CRPA che, per mezzo della strumentazione implementata presso il proprio laboratorio, ad oggi ha effettuato oltre 4000 test BMP (analizzando circa 250 diverse tipologie di biomasse) per la misura della quantità massima di biometano producibile con digestione anaerobica in batch condotti secondo la norma UNI EN ISO 11734:2004 e la norma italiana UNI/TS 11703:2018. Le sansa ottenute dal processo di lavorazione dell'olio e il siero derivante dalla produzione del formaggio sono le categorie caratterizzate e valutate nel presente lavoro.

A seconda del processo di estrazione degli oli vergini di oliva si possono ottenere acque di vegetazione e sansa vergini più o meno umide (processo a tre fasi) oppure solo sansa vergini umide (processo a due fasi) [3]. La sansa a due fasi analizzata nel presente studio è, nella maggior parte dei casi pensata per un utilizzo in digestione anaerobica e di conseguenza è anche denocciolata sia per limitare il più possibile fenomeni di sedimentazione all'interno dei digestori anaerobici sia perché il nocciolino di sansa può essere venduto come combustibile solido. La recente propensione alla lavorazione della pasta di olive con sistemi a due fasi, finalizzata anche ad un risparmio nell'utilizzo di acqua di processo, può consentire la conversione in biogas anche delle acque di vegetazione che, in assenza degli impianti di biogas, non potrebbero trovare comunque possibilità di recupero nei sansifici e dovrebbero essere indirizzate obbligatoriamente allo spandimento diretto su campo, in un periodo dell'anno in cui, peraltro, le condizioni meteorologiche sono spesso sfavorevoli.

Il siero di latte è un sottoprodotto della produzione di formaggio ricco di proteine e lattosio e con alto contenuto di sostanza organica. Ha un'alta biodegradabilità ma un limitato potere tampone. Rappresenta il 70- 75% di lattosio presente nel latte e il 10% - 15% di proteine solubili, che si traduce in una domanda chimica di ossigeno (COD) tra 50 e 70 g/litro [4].

La produzione specifica in metano (BMP) della sansa denocciolata bifase, utilizzabile per produrre biometano avanzato, è risultata superiore rispetto alla resa della trifase pari a 346 Nm³/t SV vs 214 Nm³/t SV. Nella valutazione finale delle biomasse, però, anche l'umidità e il contenuto di sostanza organica hanno un ruolo fondamentale. Da una tonnellata di sansa a tre fasi al 37% di sostanza secca la produzione di metano è pari a 76 Nm³ mentre da una tonnellata di sansa a due fasi, che ha un contenuto di sostanza secca decisamente inferiore (mediamente 20% solidi totali), è possibile produrre circa 62 Nm³ di metano. Ne consegue, un valore di sostituzione rispetto al silomais, in termini puramente energetici, di 0,69 t di sansa denocciolata trifase per tonnellata di silomais tal quale "standard" (vedi nota tabella 1)

e 0,56 per la bifase. La degradabilità della sostanza organica a 28 giorni è risultata per la sansa bifase del 66% rispetto alla sansa trifase mediamente del 41%.

La produzione specifica media in metano ottenuta dalle analisi di campioni di siero analizzati è pari a 405 Nm³/t SV e considerando il contenuto medio di solidi totali del 6% da una 1 t di prodotto umido si ottengono 21 Nm³ di metano. In Tab. 1 si riportano le informazioni tratte dall'archivio analitico di CRPA in termini di sostanza secca (solidi totali), sostanza organica (solidi volatili) e i risultati ottenuti dall'analisi del potenziale metanigeno (test BMP).

| | SANSA 2 FASI | SANSA 3 FASI | SIERO |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| Solidi totali (%) | 19,5 ± 5,2 | 37,4 ± 5,0 | 5,9 ± 1,0 |
| Solidi volatili (% ST) | 90,6 ± 2,2 | 96,2 ± 1,3 | 87,5 ± 5,9 |
| BMP – metano (Nm³/t SV) | 346,4 ± 60,6 | 213,6 ± 51,6 | 404,9 ± 52,3 |
| BMP – metano (Nm³/t tq) | 61,8 ± 20,5 | 76,4 ± 19,9 | 20,9 ± 4,4 |
| Metano nel biogas (%) | 63 ± 0,02 | 62 ± 0,03 | 55,7 ± 0,03 |
| Degradabilità anaerobica massima (% SV) | 65,9 ± 0,1 | 40,9 ± 0,08 | 92,7 ± 0,09 |
| SMeq^(*) (t/t) | 0,56 ± 0,2 | 0,69 ± 0,2 | 0,19 ± 0,04 |

(*) SMeq è il rapporto di equivalenza per produrre, con un silomais standard, la medesima quantità di metano della biomassa in esame. Si considera un insilato di mais "standard" con le seguenti caratteristiche: 33 % di solidi totali (o sostanza secca), 4% di ceneri e BMP pari a 350 Nm³ CH₄/t di solidi volatili, ovvero 111 Nm³ CH₄/t di tal quale.

Tab. 1 – Valori di solidi totali e solidi volatili, di BMP, degradabilità anaerobica e SMeq di campioni analizzati da CRPA (valori medi e deviazioni standard).

La produzione di metano non è l'unico aspetto da considerare nella valutazione di una biomassa per il suo utilizzo in digestione anaerobica. La cinetica riveste un ruolo estremamente importante nel momento in cui sia necessario capire anche il comportamento del substrato all'interno del digestore. Conoscere la velocità di formazione del metano della biomassa utilizzata permette di controllare meglio il processo evitando perdite di efficienza [5].

In Fig. 1 è riportata la cinetica di processo di campioni di siero, sansa trifase e sansa bifase, i cui relativi grafici risultano diversificati tra loro. Il siero in meno di un giorno ha raggiunto la massima velocità di produzione (98 Nm³ CH₄/t SV/giorno) a cui segue un secondo picco dopo circa 5 giorni (60 Nm³ CH₄/t SV/giorno), dovuto alla degradazione e conversione in metano rispettivamente della componente zuccherina del lattosio e successivamente di quella proteica. La massima velocità di produzione della sansa 3 fasi (33 Nm³ CH₄/t SV/giorno) e della sansa 2 fasi (41 Nm³ CH₄/t SV/giorno) è avvenuta rispettivamente dopo 4-6 giorni. La velocità di produzione specifica di metano tra le due tipologie di sansa è simile nei primi cinque giorni del test mentre, durante i dieci giorni successivi, nella sansa a tre fasi si nota un abbassamento nella velocità di produzione rispetto alla sansa a due fasi probabilmente dovuto ad una maggiore presenza della componente lignocellulosica.

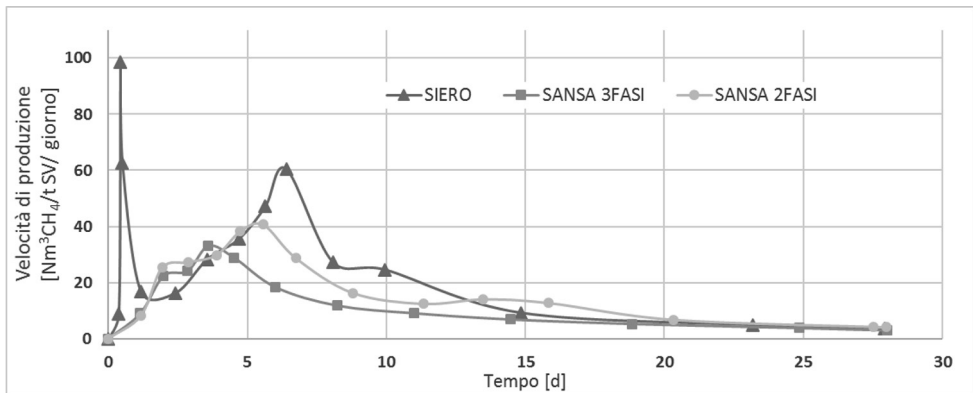


Fig. 1 – Cinetica di processo per la digestione anaerobica del siero, della sansa a due fasi e della sansa a tre fasi.

Al termine del processo di digestione anaerobica la quota di carbonio non convertito in biogas rimane nel digestato in forma stabilizzata e contribuisce, assieme a tutti gli altri elementi fertilizzanti presenti (azoto, fosforo, potassio e microelementi), a ripristinare i corretti livelli di fertilità nei terreni. Questo aspetto è di fondamentale importanza soprattutto nel Sud Italia, area ove sono abbondanti le disponibilità di queste matrici e in cui il tenore di sostanza organica dei suoli è molto basso. In questo contesto, assume ancora più valore la conversione in biogas di siero e di sansa che consentono di produrre energia rinnovabile e digestato da utilizzare a fini agronomici.

3. Conclusioni

I risultati riportati nel presente articolo hanno evidenziato delle buone conversioni in biogas delle biomasse analizzate (siero di latte e sansa di oliva). È importante però capire come gestire queste biomasse all'interno dell'impianto di digestione anaerobica, soprattutto durante situazioni particolari in cui è presente una grande disponibilità di tali matrici in un breve intervallo di tempo. Per le sansa di olive si tratta del periodo di molitura delle olive mentre per il siero ha riguardato la gestione di picchi di disponibilità anomali nel 2020 a seguito dell'emergenza causata dal Coronavirus Covid-19.

Sia la sansa a tre fasi che la sansa a due fasi sono tecnicamente utilizzabili in digestione anaerobica. Generalmente un criterio di scelta per la valorizzazione di un sottoprodotto può seguire il concetto dell'uso a cascata delle biomasse (bioraffineria) che prevede il recupero prioritario di prodotti e/o di molecole ad alto valore aggiunto per il settore del "food" e del "feed". D'altra parte, è doveroso tenere conto di aspetti di sostenibilità tecnica, economica ed ambientale che riguardano l'intera filiera nel momento in cui si vuole valorizzare la biomassa. Quindi, se da un lato l'utilizzo della sansa a tre fasi in un sansificio consente di ottenere una sansa esausta e disoleata, l'olio di sansa ed energia termica derivante dalla combustione della sansa è anche vero che le distanze tra i frantoi e i sansifici, che comunque trattano principalmente la sansa a tre fasi e non le acque di vegetazione, possono impattare notevolmente. Da un punto di vista operativo, la sansa a tre fasi può causare un possibile incremento delle concentrazioni di sostanza secca nei digestori, dovuta alla quota di solidi a bassa degradabilità che si concentra nella parte fibrosa ma la co-digestione con effluenti o sottoprodotti con un maggior contenuto idrico consente di bilanciare il processo. La sansa a due fasi è spesso utilizzata in co-digestione con un'adeguata aliquota di effluente zootecnico (es. effluenti avicoli), che svolge la funzione di contenimento delle concentrazioni di polifenoli ma soprattutto di bilanciamento dei nu-

trienti. In tal modo, negli impianti di biogas, si possono raggiungere carichi organici da sansa a due fasi anche del 50% senza particolari problemi di conduzione del processo biologico [3]. Il siero, data la bassa capacità tampone e l'alto potere diluente, è una matrice che può essere vantaggiosamente utilizzata in abbinamento con effluenti avicoli (es. lettiera di broiler) al fine di creare una tabella di alimentazione bilanciata sia dal punto di vista idraulico che di nutrienti all'interno dei digestori (rapporto carbonio/azoto, conducibilità elettrica e concentrazione di azoto ammoniacale).

Bibliografia

- [1] **Unapol – Unione Nazionale Associazioni Produttori Olivicoli** (2010) - *Verifica e piano di fattibilità per la realizzazione di una filiera agro-energetica attraverso il recupero delle sanse*. Report fase 1.1. Il mercato italiano delle sanse olearie.
- [2] **Bortolazzo et al.** (2014) *Sviluppo di un protocollo di lavoro per lo studio dei processi lattiero-caseari basato su un impianto sperimentale in scala ridotta*. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 65 (3-4), 131-134
- [3] **Mantovi P., Fabbri C., Soldano M.** (2013) – *Si ottimizza la filiera del biogas se la sansa viene pre-trattata* – *Informatore agrario* 69,47: 39-42
- [4] **Frigon, J.; Breton, J.; Bruneau, T.; Moletta, R. and Guiot, S.R.** (2009) *The treatment of cheese whey wastewater by sequential anaerobic and aerobic steps in a single digester at pilot scale*. *Bioresource Technology*, vol. 100, n. 18, p. 4156–4163.
- [5] **Soldano M., Garuti M., Fabbri C.** (2018) *Verso il biometano avanzato: biomasse e potenzialità*. *Biogas informa* n.26, p. 52-58.

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

DALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA AL RICICLAGGIO: NON SOLO MATERIE PRIME SECONDE MA ANCHE RIFIUTI SPECIALI

Il costante incremento delle raccolte differenziate ha messo in evidenza l'esigenza nazionale di costruire un sistema impiantistico in grado di trattare adeguatamente non solo i rifiuti urbani (differenziati e indifferenziati) ma anche quelli speciali prodotti dalla selezione delle raccolte differenziate e dai processi di riciclo degli stessi rifiuti (pulper di cartiera, sovrvallo dei TMB, fanghi di depurazione, car fluff ecc.). Il gap infrastrutturale, la difficile accettazione sociale da parte delle comunità locali insieme alla debolezza dei decisori politici, attenti a gestire il consenso più che alle scelte strategiche, l'evoluzione normativa non certo lineare in materia di *end of waste*, la difficoltà dei mercati ad assorbire le materie prime seconde, il crescente ricorso alle esportazioni e i diffusi fenomeni di illegalità fotografano una situazione nazionale di estrema fragilità, evidenziando l'urgenza di processi decisionali trasparenti, semplificazione, investimenti e innovazione.

La sessione presenta un contributo nell'ambito della valorizzazione dei rifiuti.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Utilitalia**

Presidenti di sessione:

- Filippo Brandolini, *UTILITALIA*

Waste-to-material: recovering special waste with a biorefinery

Ivana Moscato i.moscato@b1shop.it, David Callejo Munoz, Alessandro Panza, B1Shop Srl, Bergamo, Sergio Sedano, Sergio Gonzalez Egidio, Ismael Diéz, Preco, Madrid

Riassunto

Uno dei principali problemi derivanti dalla raccolta differenziata dei rifiuti è la generazione di un residuo che non è recuperabile. Questa frazione ha origini diverse, Car Fluff, sovrappeso della FORSU (frazione Organica Rifiuti Solidi Urbani), pulper di cartiera, rifiuti conciari, plasmix e altri residui industriali da sfidri e imballaggi, ma anche fanghi di depurazione, ceneri leggere e scorie siderurgiche. D'altra parte, la materia prima seconda, ottenuta dai residui è sempre più necessaria per soddisfare la direttiva EU RED II. Un modo possibile per risolvere sia il problema dello smaltimento dei rifiuti speciali, sia il recupero di materia prima seconda per uso industriale, consiste nella sua valorizzazione, attraverso una trasformazione in un prodotto con diversi campi di applicazione e un elevato valore di mercato. Una bioraffineria potrebbe quindi raggiungere l'obiettivo di produrre una materia prima seconda per uso industriale, a partire da rifiuti speciali.

Summary

One of the major issues arising from differentiated waste collection is the residual waste, that is non-recoverable. This fraction has different origins, Car Fluff, Organic Waste Treatment oversieve, waste pulper, tanning waste, plasmix and other industrial residues, as well as wastewater treatment sludge, fly ashes and steel slag. On the other hand, also second raw material, obtained from residues is more and more necessary to satisfy EU RED II Directive. A possible way to both solve the special waste disposal problem and to recover second raw material for industrial use consists in its valorization through transformation into a product with different application fields and high market value. A biorefinery could therefore meet the target of producing second raw material for industrial use, starting from special waste.

1. Introduzione

La quantità di rifiuti speciali è enorme (> 2 Mio ton/y in Italia) ed è in costante aumento; la destinazione è spesso l'incenerimento, ma già oggi la sua produzione supera la capacità di trattamento degli impianti di termovalorizzazione e si fa ricorso allo smaltimento transfrontaliero con costi sempre più alti. In particolare, per quanto riguarda i rifiuti speciali non pericolosi, la criticità è data dai criteri di priorità, che danno precedenza allo smaltimento di rifiuti di origine urbana, lasciando a quelli speciali canali di sbocco costosi e senza garanzia di continuità di ritiro.

Assistiamo dall'altra parte ad una ricerca di materia prima seconda in grado di sostituire materie prime di origine fossile, quali combustibili e prodotti di base per la raffinazione e la produzione di materia plastica.

La plastic-tax è già stata applicata a livello europeo e nazionale per combattere il cambiamento climatico, obbligando i produttori di plastica a ridurre sempre più l'impiego di materia prima a base di combustibili fossili (obiettivo zero) a favore di materia prima di recupero.

Altrettanto importante a livello Europeo è il tema del recupero di terre rare e metalli preziosi, per ridurre la dipendenza e le implicazioni geopolitiche dell'importazione da paesi extra-UE. La soluzione è quindi quella di realizzare un HUB di trattamento di rifiuti speciali per trasformarli in materia prima seconda con impieghi industriali, che premia sia la circolarità, sia la riduzione di emissione di CO₂.

2. Relazione

2.1. *Problematiche dei rifiuti speciali*

Per la loro eterogeneità e variabilità nella composizione, è sempre complesso mettere appunto un trattamento in grado di trasformare con efficacia rifiuti di origine diversa, e ancor più difficile recuperarli come materia prima seconda con caratteristiche di prodotto, ovvero qualità costante e adeguata all'utilizzo finale.

2.2. *Soluzione tecnologica*

I rifiuti quali Car Fluff, sovrullo della FORSU, pulper di cartiera, rifiuti conciari, plasmix hanno in comune la natura organica della matrice principale e l'elevato potere calorifico. Queste caratteristiche ne consentono il recupero per via termo-chimica.

I materiali che vengono lavorati ad alte temperature in presenza di ossigeno generano processi di combustione o gassificazione e rilasciano una quantità di energia termica che può essere utilizzata. Questi processi convertono i materiali in prodotti solidi e gas derivati dalla combustione.

Elaborando materiali organici ad alte temperature e in assenza di ossigeno (pirolisi), questi subiscono trasformazioni producendo altre molecole. La trasformazione termochimica nelle condizioni di pirolisi del materiale presente nella frazione organica darà i prodotti tipici di questi processi: una frazione di gas, una frazione solida e infine una frazione liquida (Fig. 1). La frazione di gas, costituita da una miscela di gas idrocarburi non condensabili, in condizioni normali, contiene H₂, CO, CO₂, vapore acqueo. Questo gas è chiamato gas di sintesi o syngas. L'idrocarburo più abbondante è di solito il metano, seguito da etano, propano, butano in iso- e n- configurazioni. La composizione del syngas dipende dalle condizioni di processo e dalla materia prima lavorata.

Questo syngas può essere utilizzato per i processi chimici, come combustibile per la produzione di elettricità, per un sistema di cogenerazione o come combustibile per il processo di pirolisi stesso. L'uso come combustibile nel processo di pirolisi stesso fornisce un'elevata efficienza energetica e una bassa impronta di carbonio.

La frazione solida formata da materiali di carbonio contiene sali e fibre inorganici presenti nella materia prima e nei materiali carbonacei, che sono concentrati.

Questa frazione è chiamata char o biochar a seconda della materia prima lavorata. Nel caso della frazione organica dei rifiuti urbani MWOFF, può essere considerato biochar se la frazione organica viene raccolta separatamente. Questo biochar deve soddisfare i parametri fisici e chimici stabiliti a livello legislativo europeo.

La frazione liquida è formata da una miscela di prodotti acquosi e oleosi. La frazione acquosa è composta principalmente da composti ossigenati derivati dalla cellulosa e dalla fessurazione dell'emicellulosa. La frazione organica è una miscela di idrocarburi che è utile come combustibile o come materia prima per la produzione di nuova plastica.

A seconda della tecnologia termochimica, questa frazione liquida può essere generata come una singola frazione o come due frazioni. Su una fase industriale, la tecnologia che genera la frazione liquida rappresenta un importante progresso nell'industrializzazione dei rifiuti.

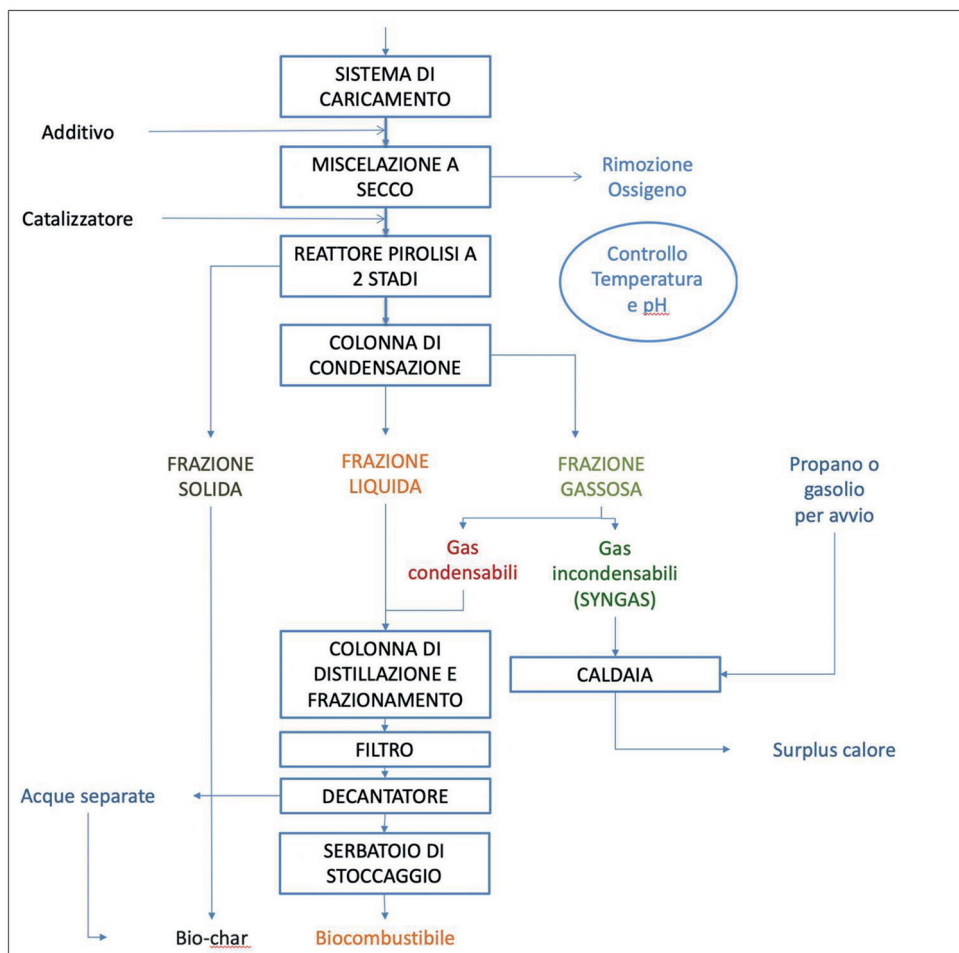


Fig. 1 – Schema di trattamento

A causa della presenza di materiali diversi e di diversa composizione, è necessario che la tecnologia industriale sia progettata per il trattamento della matrice complessa dei rifiuti, così com'è (Hobohm et al., 2018). In altre parole, la tecnologia deve essere in grado di trattare i flussi di materie prime che attualmente si conferiscono agli impianti di trattamento.

Gli impianti industriali devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Essere progettati specificatamente per i rifiuti multi-materiale.
- Essere conformi alla legislazione in materia di impatto ambientale, emissioni, trattamento e recupero dei rifiuti.
- Produrre prodotti di valore.
- Avere un'elevata resa di trasformazione, per essere di impatto sull'economia circolare.

3. Case study con bilancio di massa

In funzione della matrice del rifiuto cambiano sia il potere calorifico (**Tab. 1**), sia il bilancio di massa che si ottiene dalla sua trasformazione per via termochimica.

| <i>Tipo di materiale</i> | <i>Potere calorifico (MJ/kg)</i> |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Polietilene, polipropilene | 46 |
| Polistirolo | 41 |
| Poliestere | 24 |
| Legno | 19 |
| Giornale | 18 |
| Rifiuti urbani (a secco) | 16 |
| Rifiuti da giardinaggio | 7 |
| Rifiuti alimentari | 6 |

Tab. 1 – *Potere calorifico di materiali diversi*

Di seguito si presenta la caratterizzazione tipica (**Tab. 2**) e il bilancio di massa del rifiuto speciale Sovvallo FORSU (**Tab. 3**).

| | |
|---|--------------|
| <i>PCI (Kcal/Kg)</i> | 3.700- 4.000 |
| <i>Umidità</i> | < 15% |
| <i>Dimensioni delle particelle (cm)</i> | 3-5 |
| <i>Cloro</i> | < 0,5 % |
| <i>Zolfo</i> | < 0,3% |
| <i>Densità (Kg/m³)</i> | >70 |
| <i>Biomassa (carta, legno ...)</i> | >70% |
| <i>Plastica</i> | <30% |

Tab. 2 – *valori tipici del sovvallò FORSU*

| <i>OUTPUT</i> | <i>% Feedstock</i> |
|-----------------------------|--------------------|
| <i>Crude Oil</i> | 15-30% |
| <i>Char</i> | 20-30% |
| <i>Acqua</i> | 15-30% |
| <i>Gas non condensabili</i> | 20-30% |

Tab. 3 – *bilancio di massa della trasformazione del sovvallò*

4. Business plan di base

Il business plan per questo tipo di progetto dipende fortemente dal costo di smaltimento del materiale di scarto nelle discariche o negli inceneritori tradizionali. Nel nostro caso particolare, consideriamo 15.000 tonnellata/anno ad un valore medio di 170 €/tonnellata, come valore tipico per il Nord Italia, compreso il costo di trasporto.

Il bioliquido ottenuto (3.000 ton/anno) si colloca a seconda della qualità e dell'applicazione finale di mercato a 700-850 €/tonnellata.

Al netto dei costi operativi, il margine è pari a circa 3 M€/anno con un ritorno dell'investimento in circa 3 anni; ancora meno nel caso di più impianti nello stesso sito, grazie all'ottimizzazione del costo del lavoro.

5. Conclusioni

A partire da rifiuti di natura eterogenea è possibile recuperare attraverso il processo di pirolisi messo a punto da Neoliquid materia prima seconda con elevato valore aggiunto.

L'elevata resa di trasformazione in un crude-oil, registrato REACH, che trova impiego sia come combustibile di seconda generazione, sia come materia prima seconda per l'industria petrolchimica, garantisce un ritorno rapido dell'investimento.

Il char prodotto dal processo può essere valorizzato come combustibile per processi industriali (acciaierie, cementifici) in sostituzione di quelli fossili, contribuendo alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Bibliografia

Hobohm J., Auf der Maur A., Dambeck H., Kemmler, A. Koziel S., Kreidelmeyer S., Piégsa A., Wendring P., (2018), Status and perspectives of liquid energy sources in the energy transition, Prognos AG, Final Report, 66-83.

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

NUOVE OPZIONI GESTIONALI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER ACCELERARE LA TRANSIZIONE VERSO L'ECONOMIA CIRCOLARE

Le migliori prassi per una corretta gestione dei rifiuti, i cui impatti ambientali vengono valutati mediante una prospettiva sistemica, danno un contributo fondamentale alla realizzazione di un'economia circolare, come stabilito dalle recenti iniziative dell'Unione Europea. Il Green New Deal su cui Parlamento e Commissione Europea hanno deciso di puntare come cammino strategico caratterizzante per i prossimi anni, ha posto infatti al centro una chiusura dei cicli produttivi, con una valorizzazione delle risorse ad oggi destinate al semplice smaltimento.

La sessione presenta contributi in termini di innovazioni progettuali sostenibili, iniziative volte a prevenire la generazione dei rifiuti, minimizzandone al contempo la pericolosità, efficienti azioni di raccolta, piani territoriali più efficaci, quali strumenti imprescindibili per accelerare una transizione verso l'economia circolare. Si presentano inoltre metodi e casi studio di applicazione di strumenti quali l'analisi dei flussi di materia (MFA), la valutazione del ciclo di vita (LCA) ed altre metodologie di misurazione delle prestazioni ambientali (ad es., PEF, OEF) e economico-sociali (LCC, social LCA), volti a monitorare la sostenibilità a lungo termine delle soluzioni proposte.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, ATIA – ISWA, Società Chimica Italiana – Divisione CABC, Rete italiana LCA – GdL Gestione e trattamento dei rifiuti**

Presidenti di sessione:

- Fabrizio Passarini, *CTS Ecomondo, Università di Bologna*
- Lucia Rigamonti, *Politecnico di Milano*
- Carlo Noto La Diega, *CTS Ecomondo, ATIA – ISWA*

Tracciabilità dei rifiuti urbani da imballaggio

Massimiliano Boccarossa massimili.boccaross2@unibo.it, Michele Lupo, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, Dipartimento di Chimica Industriale “Toso Montanari”, Università di Bologna.

Riassunto

In Italia la raccolta differenziata è da sempre dedicata soprattutto alla raccolta degli imballaggi che proteggono la stragrande maggioranza dei prodotti di largo consumo. Molte regioni negli anni hanno avviato studi di tracciabilità dei rifiuti da raccolta differenziata per vari scopi, per dare riscontro ai cittadini dell'impegno nella gestione dei rifiuti che in questo modo possono diventare risorse, per fornire informazioni alle istituzioni di vario livello sul territorio dell'effettiva circolarità dei rifiuti e per incominciare ad organizzare i dati per il calcolo del tasso di riciclo, indicatore che dal 2021 sarà obbligatoriamente richiesto dalla comunità Europea agli stati membri. L'obiettivo a medio termine è che tutte le Regioni possano essere in grado allo stesso modo di tracciare semplicemente l'avvio a riciclo delle varie frazioni, considerando i vari passaggi impiantistici. Scopo del presente studio è tramite l'evidenziazione dei passaggi che i rifiuti da raccolta differenziata effettuano prima di tornare ad essere nuova materia prima, calcolare quanto venga effettivamente recuperato. Le 2 frazioni prese in analisi sono una di matrice chimicamente organica, il legno, ed una di matrice inorganica, il vetro. Sono entrambe 2 frazioni che per differenti motivi hanno un elevato tasso di riciclo, e dall'analisi svolta, in entrambi i casi, dai rifiuti raccolti è risultato oltre il 90 % di materiale recuperato avviato a nuovi cicli produttivi come materiale.

Summary

In Italy, the separate collection main target above all is consisting of packaging that protects the most of consumer products. Over the years, many regions have launched studies on the traceability of waste from separate collection for various purposes, to give citizens feedback on the commitment to waste management which in this way can become resources, to provide information to various levels institutions in the territory of effective waste circularity and to begin organizing data to calculate the recycling rate, an indicator that from 2021 will be required by the European community to member states. Medium-term objective is the possibility for all regions to simply trace in the same way the various fractions recycling, considering all the industrial steps. The purpose of this study is to calculate the actual quantity recovered by highlighting the steps that separate waste collection takes before returning to be a new raw material. The 2 analyzed fractions are chemically one of organic matrix, wood, and one of inorganic matrix, glass. For different reasons both have a high recycling rate, and the analysis carried out, in both cases, returned more than 90% of recovered material being sent to new production cycles as raw material.

1. Introduzione

Al fine di valutare l'andamento sul territorio nazionale della raccolta differenziata è di fondamentale importanza il monitoraggio dei dati territoriali. Il monitoraggio dell'andamento delle

raccolte differenziate viene effettuato con vari indicatori e metodi: l'indicatore più utilizzato in passato è stato la % di raccolta differenziata, ma attualmente sta venendo affiancato ed a mano a mano sostituito dall'indice di riciclo. Per il primo dei 2 indicatori è sufficiente conoscere i dati di produzione di rifiuti differenziati ed indifferenziati, mentre per il secondo indicatore è necessario tracciare i rifiuti al fine di ottenere oltre le informazioni sulla produzione anche dati in merito ai trattamenti subiti dai rifiuti, sul ciclo di vita e sulla qualità dei rifiuti raccolti. Sicuramente il secondo indicatore è più complesso e completo, soprattutto per la necessità di dati ulteriori, diversi fra loro e spesso acquisiti con sistemi differenti e da fonti variegata. Concetti come il "ciclo di vita" e l'economia circolare si basano sullo studio della tracciabilità, che consiste nell'identificare i passaggi che i rifiuti differenziati effettuano successivamente alla loro raccolta, fino alla produzione di nuove materie prime da integrare nel ciclo produttivo.

A tale riguardo scopo di questo lavoro riportare l'analisi sull'intercettazione di vetro e legno sul territorio regionale della regione Marche, con i dati ottenuti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale.

2. Relazione

La presente analisi è stata svolta utilizzando dati di produzione di rifiuti differenziati acquisiti con il sistema gestionale ad accesso web denominato "ORSO, Osservatorio Rifiuti Sovraregionale". Purtroppo, mancando nel territorio indagato l'attivazione della parte relativa ai dati di trattamento in impianto dei rifiuti prodotti, le informazioni riguardo alla gestione degli imballaggi sono state acquisite dal Modello Unico di Dichiarazione ambientale (MUD) della Camera di Commercio. L'utilizzo di questo sistema di acquisizione dei dati attualmente è più complesso rispetto a quanto potrebbe avvenire grazie all'attivazione di "ORSO impianti" contenente i dati di ingresso e trattamento presso gli impianti di recupero. Questo sistema, nella sua compilazione fornirebbe un dato più immediato e già privato di informazioni che possono complicare la lettura. Sicuramente più difficile l'acquisizione tramite MUD poiché in questa dichiarazione sono indicati tutti i rifiuti gestiti, sia urbani che speciali, i rifiuti prodotti dall'azienda stessa che effettua il trattamento e quindi sono necessarie più operazioni di scrematura ed individuazione dei flussi. I materiali tipici delle raccolte differenziate municipali, dominate dalla raccolta di imballaggi, sono le frazioni carta, plastica, vetro, legno e metalli, regolamentati dal sistema CONAI e consorzi di filiera; la presente analisi, tuttora in corso, ha attualmente evidenziato e tracciato la filiera del legno e del vetro, mentre per quanto riguarda la plastica raccolta in sistemi mono- e multi-materiale, si è potuto attualmente tracciare soltanto il primo passaggio.

L'analisi è svolta sui dati dell'anno 2018, poiché attualmente a livello di gestione impiantistica è l'ultimo dato disponibile elaborato secondo le procedure nazionali.

Per la frazione plastica, lo studio della tracciabilità è ben più complicata rispetto alle altre frazioni proprio per via della raccolta multimateriale, in cui gli imballaggi in plastica sono, in molte utenze cittadine, raccolti insieme alla frazione degli imballaggi metallici. Non essendo reperibili per ogni gestore i dati di composizione media del multimateriale, ovvero plastica e lattine rispetto al totale, e mancando il modello di dichiarazione ambientale di informazioni in merito, risulta laborioso effettuare uno studio di tracciabilità sui materiali in plastica.

Un fattore che rende più facile la lettura dei dati di gestione in impianto sul sistema ORSO è determinato dal fatto che il sistema pone l'evidenza sui rifiuti da imballaggio cittadini e assimilati, tralasciando la parte di provenienza industriale (rifiuti speciali). Il MUD invece complica la lettura dei dati poiché presso taluni impianti, i rifiuti in ingresso, una volta trattati, possono essere identificati da un diverso codice EER, pertanto vanno presi in considerazione più codici rifiuto e risulta difficile tra i rifiuti in uscita discernere la quota in ingresso con lo stesso codice e la quota generata dalle lavorazioni interne.

Come già indicato, si è scelto di studiare la tracciabilità di imballaggi in legno e vetro prodotti dai comuni della regione Marche nel 2018. I due materiali si differenziano in primo luogo per l'origine, poiché se il vetro è con buona probabilità materiale proveniente quasi esclusivamente da utenze cittadine, il legno, come imballaggio è raccolto nella sua quasi totalità da utenze industriali e dalla distribuzione commerciale dei prodotti ed alimenti (ipermercati).

Per quanto riguarda il legno si è partiti dalla produzione municipale dell'anno 2018 che corrisponde a 34.534 tonnellate date dalla somma dei rifiuti indicati dai codici EER 15.01.03 (5.828 ton) e 20.01.38 (28.706 ton). La tabella 1 riporta i parziali per provincia del territorio preso in esame. [1]

| Anno | Sigla | EER 150103 | EER 200138 | TOT LEGNO kg | Ton | RD | TOT = RD + IND | |
|------|---------|------------|------------|--------------|--------|-------------|----------------|-----|
| 2018 | PU | 5.436.312 | 10.328.247 | 15.764.559 | 15.765 | 553.070.922 | 799.856.730 | kg |
| 2018 | AN | 140.090 | 8.250.473 | 8.390.563 | 8.391 | 553.071 | 799.857 | ton |
| 2018 | MC | 5.080 | 4.825.955 | 4.831.035 | 4.831 | | | |
| 2018 | FM | 142.066 | 1.936.469 | 2.078.535 | 2.079 | | | |
| 2018 | AP | 104.520 | 3.365.280 | 3.469.800 | 3.470 | | | |
| 2018 | Regione | 5.828.068 | 28.706.424 | 34.534.492 | 34.534 | 6,24 | 4,32 | % |

Tab. 1 – Produzione di rifiuti in legno da raccolta differenziata nelle Marche, anno 2018. [1]

La raccolta differenziata del legno nel territorio indagato corrisponde al 6,24 % del totale dei rifiuti raccolti in modo differenziato (34.534 ton su 553.071 ton) ed al 4,32 % del totale di RU prodotti nel corso dell'anno in esame (34.534 ton su 799.857 ton).

A livello impiantistico sono stati valutati i flussi dei codici EER tipici della raccolta differenziata del legno e dei rifiuti prodotti dal trattamento dei rifiuti (famiglia EER 19) in (tabella 2) al fine di tracciare un bilancio merceologico completo della filiera.

03 RIFIUTI DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO

| | |
|--------|---|
| 0301 | rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli e mobili |
| 030105 | segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci ... |
| 15 | RIFIUTI DI IMBALLAGGIO ... |
| 1501 | imballaggi (compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata) |
| 150103 | imballaggi in legno |
| 17 | RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE ... |
| 1702 | legno, vetro e plastica |
| 170201 | legno |
| 19 | RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI ... |
| 1912 | rifiuti prodotti dal trattamento meccanico di rifiuti ... |
| 191207 | legno diverso da quello di cui alla voce 19 12 06 |
| 191212 | altri rifiuti prodotti dal trattamento meccanico di rifiuti |
| 20 | RIFIUTI URBANI ... RIFIUTI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA |
| 2001 | frazioni oggetto di raccolta differenziata (tranne 15 01) |
| 200138 | legno diverso da quello di cui alla voce 20 01 37 |

Tab. 2 – Descrizioni EER delle tipologie di rifiuto analizzate nei bilanci di massa degli impianti di trattamento.

I rifiuti in legno prodotti a livello comunale sono stati raggruppati secondo l'impianto di primo destino che dai comuni e da gestori ed ex municipalizzate li ricevono.

| Piattaforma di primo destino | Comune | Provincia | Regione |
|------------------------------|-----------------------------|------------------|---------|
| Impianto_01 | OSIMO | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_02 | OSTRA | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_03 | ANCONA | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_04 | FALCONARA MARITTIMA | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_05 | OSIMO | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_06 | FABRIANO | ANCONA | MARCHE |
| Impianto_07 | SAN BENEDETTO DEL TRONTO | ASCOLI PICENO | MARCHE |
| Impianto_08 | SAN BENEDETTO DEL TRONTO | ASCOLI PICENO | MARCHE |
| Impianto_09 | SANT'ELPIDIO A MARE | FERMO | MARCHE |
| Impianto_10 | MACERATA | MACERATA | MARCHE |
| Impianto_11 | LORO PICENO | MACERATA | MARCHE |
| Impianto_12 | MACERATA | MACERATA | MARCHE |
| Impianto_13 | MORROVALLE | MACERATA | MARCHE |
| Impianto_14 | PESARO - URBANIA | PESARO URBINO | MARCHE |
| Impianto_15 | SERRAUNGARINA | PESARO URBINO | MARCHE |
| Impianto_16 | COLLI AL METAURO | PESARO URBINO | MARCHE |
| Impianto_17 | PESARO | PESARO URBINO | MARCHE |
| Impianto_18 | MARTINSICURO | PESCARA | ABRUZZO |
| Impianto_19 | CONTROGUERRA | TERAMO | ABRUZZO |
| Impianto_20 | PINETO | TERAMO | ABRUZZO |

Tab. 3 – Localizzazione degli impianti di trattamento di cui si è analizzato il flusso di massa.

Si è proceduto, poi, analizzando i dati contenuti nelle dichiarazioni MUD dei singoli impianti di trattamento evidenziati come sedi di primo destino dei rifiuti comunali.

Si è tracciato per ogni impianto un bilancio di massa che tenesse in considerazione tutti i rifiuti in legno in ingresso, e tutti quelli in uscita considerando le modifiche ai codici rifiuto che possono avvenire all'interno degli impianti, quindi identificando i rifiuti dal trattamento dei rifiuti, codice EER 19.02.07 nel caso del legno e gli scarti per il pareggio di bilancio (EER 19.12.12) al fine di valutare la percentuale di scarto sia della raccolta che dei trattamenti in impianto.

In merito alla tipologia di scarto, 2 sono le quote da valutare: la prima quella data dall'errore umano di conferimento di altre frazioni estranee all'interno della raccolta dedicata, la seconda data da motivazioni impiantistiche (scarto di processo), ove alcune parti non sono fisicamente recuperabili per limiti tecnologici.



Fig. 1 – Schema di massima di bilancio di massa d’impianto con codifica EER dei rifiuti in legno. Localizzazione sul territorio regionale di impianti di prima selezione dei rifiuti in legno.

Lo schema di flusso (figura 1) rappresenta i codici rifiuto analizzati, in ingresso gli imballaggi in legno 15.01.03 ed il legno da raccolta differenziata 20.01.38; in taluni impianti si ha in uscita un flusso indicato dagli stessi codici rifiuto, oppure indicato dal codice 19.12.07 (rifiuti in legno da trattamento meccanico dei rifiuti), ma questo varia dalla tipologia di impianto e dalla sua autorizzazione al trattamento dei rifiuti ai sensi dell’art. 208 del D.Lgs 152/06 o art. 214 – 216. Lo scarto di processo è indicato dal codice rifiuto 19.12.12 ma comprende, ove vengono lavorate più merceologie, lo scarto totale di tutte le lavorazioni. Nei bilanci di massa è stata considerata non l’intera quota di 19.12.12, ma soltanto la quota necessaria a portare il pareggio di bilancio fra materia in ingresso e materia in uscita, andando quindi ad indicare la quota % di scarto per ogni recuperatore.

La necessità di tracciare i flussi non si è quindi fermata agli impianti di primo destino, ma ha proseguito la sua indagine fino agli impianti successivi di secondo e terzo destino, fintanto che nei modelli di dichiarazione ambientale non sia stato trovato che a fronte di rifiuti in legno in ingresso, si avevano in uscita materie prime recuperate. Per ogni impianto è stata determinata una percentuale di recupero.

La cartografia indica la localizzazione della regione indagata ed all’interno di questa la posizione degli impianti di primo destino.

Il diagramma successivo (figura 2) mostra per un impianto di primo destino la suddivisione dei flussi in diversi secondi impianti, identificando con un flusso di colore rosso il materiale dalle caratteristiche tali da essere già considerato una materia prima e non più un rifiuto, senza ulteriori trattamenti.

IMPIANTO DI RECUPERO PU

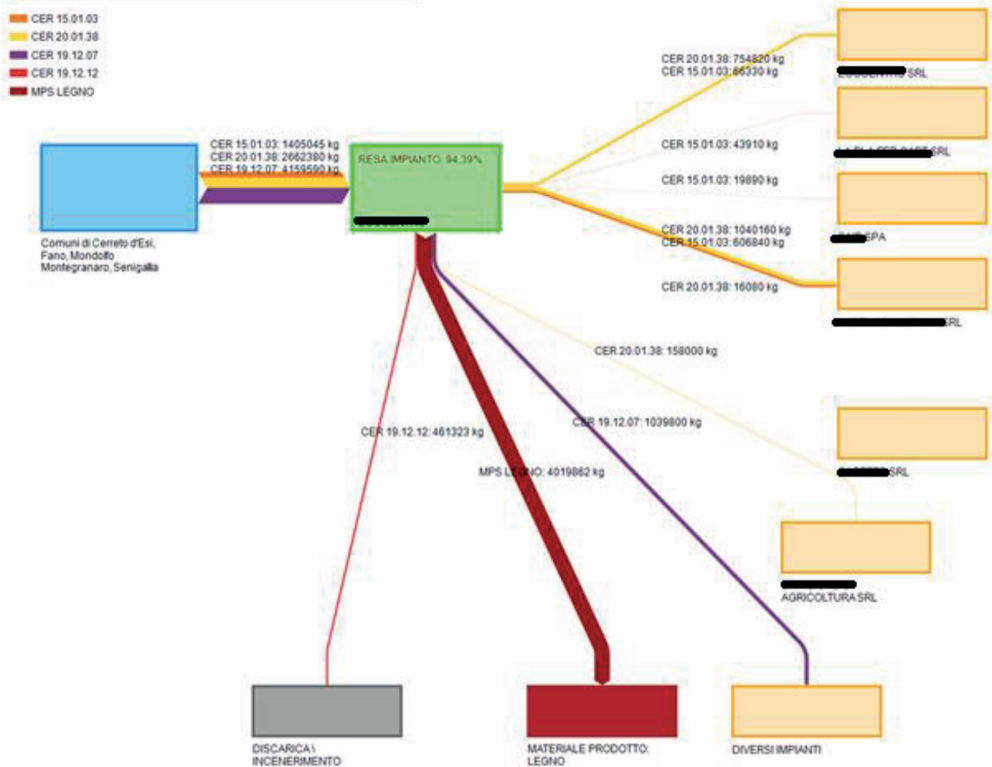


Fig. 2 – Diagramma di flusso da impianto di prima selezione a successivi impianti di recupero per i rifiuti in legno da raccolta differenziata.

Nelle dichiarazioni MUD sono stati visionati i moduli RT delle schede RIF, ovvero, all'interno delle schede rifiuto, ognuna identificata dal proprio codice EER, i modelli contenenti i dati dei rifiuti ricevuti da terzi, individuando come mittenti dei rifiuti i Comuni della Regione e quindi i moduli DR riportanti i dati di destinazione dei rifiuti verso i successivi impianti.

Dalle analisi dei dati effettuate risulta che la percentuale di scarto di selezione nel legno è molto bassa, soprattutto stante il fatto che sono raccolte provenienti dal comparto principalmente industriale e produttivo o della grande distribuzione piuttosto che da singole utenze domestiche. Parimenti, lo scarto di processo è generalmente molto basso poiché la semplicità di questa frazione merceologica e la facilità di reimpiego produce per definizione poco scarto, se non quella parte di materiale che per qualche motivo risulti contaminata da altre sostanze non più divisibili, come scarti di colle e vernici. La facilità di reimpiego del legno ed inoltre i processi di trattamento che sovente sono operazioni di riduzione volumetrica al fine della creazione di un materiale granulato, rendono la parte inutilizzabile minima.

I materiali ottenibili dal recupero del legno possono essere:

- Pannelli truciolati, utilizzati nell'industria del mobile e dei complementi d'arredo. In media circa il 97,1% delle tonnellate di legno recuperate diventa pannello truciolato (fonte: Rilegno). [2]

- Pannelli MDF (Medium Density Fibreboard), ovvero pannelli realizzati utilizzando fibre di legno (prevalentemente proveniente da conifere) fini e uniformi o rifiuti legnosi, unite tra loro mediante l'uso di resine, calore e pressione, per via secca o per via umida utilizzati principalmente nel settore dell'arredamento, in edilizia e per la realizzazione di cassette di ortofrutta.
- Blocchi legno cemento, soluzione innovativa di riciclo e recupero del legno utilizzati per applicazioni nella bioedilizia.
- Pallet, un'attrezzatura utilizzata per l'appoggio di vari tipi di materiali ampiamente utilizzati per immagazzinamento e il trasporto di merci.
- Pasta chemi-meccanica per carta e cartoni.

Allo stesso modo si è operato per i rifiuti in vetro, analizzando i flussi di primo destino dei rifiuti indicati dai codici EER:

- (EER 15.01.07) = imballaggi in vetro;
- (EER 20.01.02) = raccolta differenziata urbana del vetro;
- (EER 19.12.05) = rifiuti in vetro prodotti dal trattamento meccanico di rifiuti;
- (EER 19.12.12) = scarto di lavorazione.

Anche per il vetro valgono considerazioni simili a quelle già fatte per il legno in merito alla qualità della raccolta e facilità di recupero, per i seguenti motivi principalmente:

- quella del vetro è una delle più consolidate raccolte differenziate attuate in tutta la nazione;
- esistono pochi "falsi amici" del vetro, quindi oggetti che non dovrebbero essere conferiti in questa raccolta e nello specifico sono il cristallo, il Pyrex, la porcellana ed il vetro delle sorgenti luminose;
- è un materiale facilmente recuperabile con pochi scarti di processo e pochi passaggi tecnici fondamentali;
- il suo riutilizzo previa frantumazione e fusione è vantaggioso economicamente.

| anno | Sigla | EER 150107 | EER 200102 | TOT vetro kg | ton | RD | TOT = RD + IND | |
|------|---------|------------|------------|--------------|--------|-------------|----------------|-----|
| 2018 | PU | 13.075.305 | 52.490 | 13.127.795 | 13.128 | 553.070.922 | 799.856.730 | kg |
| 2018 | AN | 10.508.374 | 6.781.520 | 17.289.894 | 17.290 | 553.071 | 799.857 | ton |
| 2018 | MC | 11.091.350 | 0 | 11.091.350 | 11.091 | | | |
| 2018 | FM | 5.842.145 | 102.510 | 5.944.655 | 5.945 | | | |
| 2018 | AP | 4.281.505 | 89.800 | 4.371.305 | 4.371 | | | |
| 2018 | Regione | 44.798.679 | 7.026.320 | 51.824.999 | 51.825 | 9,37 | 6,48 | % |

Tab. 4 – Produzione di rifiuti in vetro da raccolta differenziata nelle Marche, anno 2018. [1]

Il vetro prodotto come rifiuto raccolto in modo differenziato nel territorio indagato costituisce una quota pari al 9,37 % (51.825 ton su 553.071 ton di RD) di tutti i rifiuti differenziati ed il 6,48 % dei rifiuti urbani prodotti (51.825 ton su 799.857 ton di RU differenziati ed indifferenziati).

Il diagramma successivo mostra le varie destinazioni dopo l'impianto di selezione di primo destino. All'interno del territorio regionale indagato, viene mostrato lo stralcio della provincia di Macerata gestito dal consorzio unico per il recupero di rifiuti, consorzio pubblico al quale prendono parte tutti i comuni della Provincia ed il Comune di Loreto in provincia di Ancona. I comuni conferenti sono indicati in basso nel diagramma, i flussi uscenti sono indicati verso ulteriori 4 impianti di secondo destino, impianti per i quali sono stati visionate le dichiarazioni MUD e dai quali è risultata una componente in uscita di vetro come materia prima, fatto che

evidenza che in 2 passaggi il rifiuto ha perso la qualifica di materiale di scarto per essere pronto per un nuovo impiego. Il flusso di scarto dal primo impianto è avviato a discarica, impianto di trattamento che fa parte dello stesso comprensorio appartenente al Consorzio. Da analisi merceologiche svolte negli anni precedenti lo scarto del vetro risulta essere sovente l'imballaggio con il quale il vetro a volte erroneamente viene conferito (sacchetti in plastica o carta e "falsi amici" precedentemente elencati o materiali contaminati da sostanze pericolose, come ad esempio vernici che possono causare imbrattamento del materiale). La resa d'impianto di primo destino è altissima, pari al 99,6 %. In questo caso lo scarto è la frazione generata per errato conferimento dai cittadini.

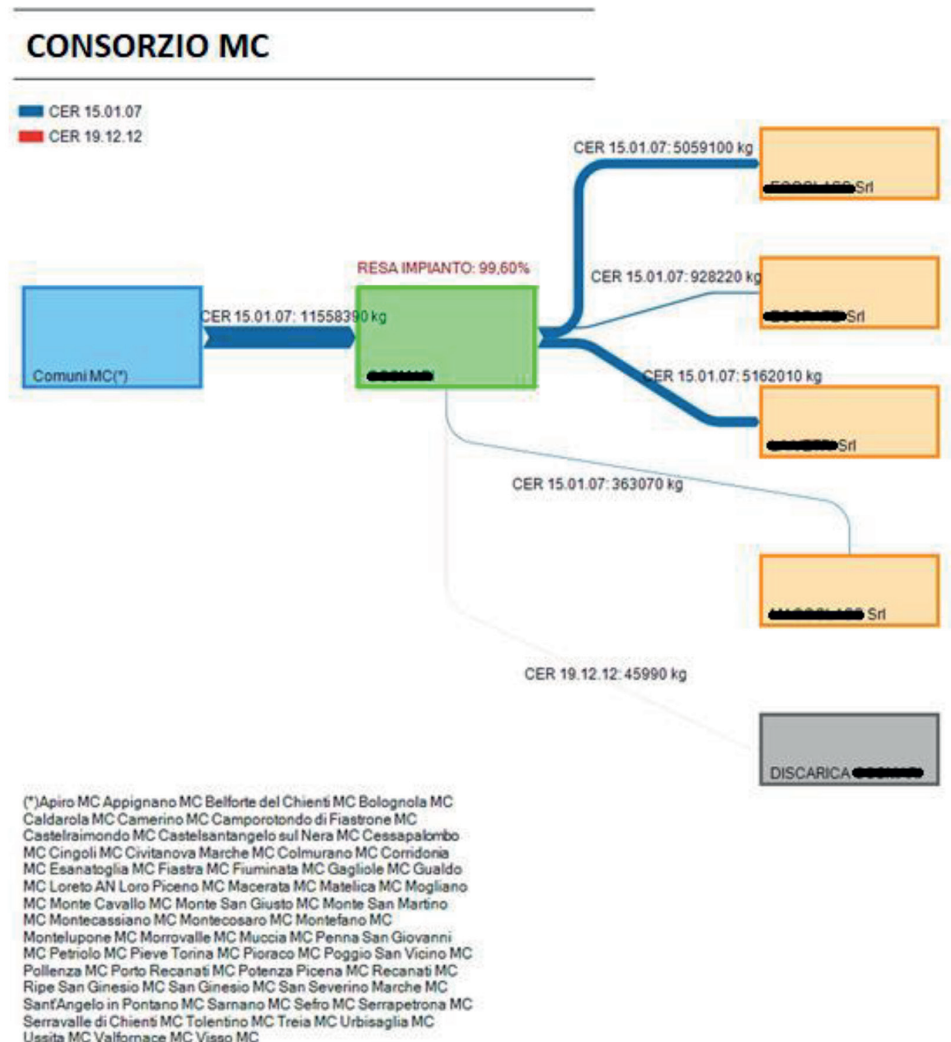


Fig. 3 – Diagramma di flusso da impianto di prima selezione a successivi impianti di recupero per i rifiuti in vetro da raccolta differenziata.

3. Conclusioni

Dall'analisi dei dati svolta risulta quindi che buona parte del legno avviato a recupero viene completamente recuperato con percentuali che si aggirano tra il 94 ed il 97 % con solo un caso in cui un impianto ha una percentuale pari al 100 poiché svolge solo funzione di piattaforma di transito e recupera lo scarto come segatura ed un impianto la cui resa calcolata è pari all'88 % ma la mole di rifiuti trattata è piuttosto marginale rispetto ad altri impianti.

Per quanto riguarda i rifiuti in vetro, a livello globale, per gli impianti analizzati sul territorio marchigiano le rese variano tra il 95 ed il 99,6 %; gli impianti fuori regione che fungono da secondo destino hanno percentuali prossime al 100 % in quanto il materiale è già stato selezionato dai precedenti. Pertanto la percentuale di recupero per le 2 frazioni analizzate, legno e vetro può considerarsi molto elevata e quindi sul territorio indagato oltre ad un buon livello di raccolta differenziata è stato raggiunto un buon livello di recupero e di circolarità delle risorse.

Bibliografia

[1] Massimiliano Boccarossa "Rapporto rifiuti Marche 2017 -2018".

[2] Rilegno, Rapporto 2018.

Retail 4.0 for “smart” reduction of food waste

Giulio Mario Cappelletti giulio.cappelletti@unifg.it, Alfredo Ernesto Di Noia, Giuseppe Martino Nicoletti, Dipartimento di Economia, Management e Territorio - Università di Foggia, Foggia

Summary

The aim of this paper is to provide an updated overview of technology strategies and solutions enabling related to Retail 4.0 enabling a smart reducing food waste.

This is in order to highlight the managerial and product strategies, with the related enabling technological solutions, adopted in the retail sector.

The results are related to the identification of best practices / Retail 4.0 solutions for reducing food waste, which could facilitate the widespread adoption in the stores.

Riassunto

L'obiettivo del contributo è fornire un quadro aggiornato di strategie e soluzioni tecnologiche abilitanti relative al Retail 4.0 che consentano una riduzione smart degli sprechi alimentari.

Ciò al fine di evidenziare le strategie manageriali e di prodotto, con le connesse soluzioni tecnologiche abilitanti, adottate nel settore retail.

I risultati sono relativi all'individuazione di best practice / soluzioni di Retail 4.0 per la riduzione allo spreco alimentare che potrebbero facilitare l'adozione diffusa nei punti vendita.

1. Introduction

Retail generates “serious inefficiencies” from food waste (FW) production that could affect the customer’s “buying process” and affect the store’s environmental sustainability, due to the obvious implications at the reputational level, so much so as to affect customer confidence. Therefore, the quality of service provided by retailers also depends on the ability to reduce FW preserving food safety and achieving the full satisfaction of the customer. In this sense, Retail 4.0 can reduce FW as it improves back-end operations (such as inventory management, intelligent and smart packaging) and makes “front end” services more effective (from re-assortment to the use of electronic labels and dynamic pricing).

On the other hand, Retail 4.0 has been the subject of massive intervention strategies in a few top retailers (e.g. Walmart in the US) while attracting the interest of innovative initiative (e.g. Wasteless). In Italy, while growing digital penetration as in the current period of Covid-19 pandemic, there is increasing interest of top retailers. Thus, the adoption of some technologies that can reduce FW in the food sector is also at an early stage.

The aim of the paper is to provide an up-to-date framework of strategies and enabling technologies solutions related to Retail 4.0 that enable a smart reduction in FW. This is in order to highlight the management and product strategies, with the connected enabling technologies solutions, adopted in the retail sector.

The results are related to identification of best practices/solutions of Retail 4.0 for reducing to FW that could facilitate widespread adoption in stores.

2. Retail 4.0 and smart reduction of food waste

2.1 Retail 4.0 and food waste

In the past twenty-five years with the global diffusion of the internet and the advent of e-commerce the *old retail/grocery* has witnessed a continuous erosion of sales and market shares.

The “birth” of Retail 3.0 can be made to coincide with the founding of Amazon, the first e-commerce site, which had the ambition to become the largest bookstore in the world. Two innovations of Amazon on all were also the strengths of Retail 3.0: the reviews and the introduction of algorithms (recommendation engine). In this sense, consumers have become “prosumer” because they produced information exchanging opinions that were to form the database that constituted the input of sophisticated technologies able to identify their preferences, and connect them with that of other users to identify the most frequent concatenations in the purchasing behavior [1] [2]. This is in order to create predictive models to create consumer’s profile and to offer him the products/services that most likely would have bought. The “Fourth Industrial Revolution” [3] stimulated Retail 4.0. It has benefited from two great opportunities in the past ten years: the huge diffusion of smartphones connected to the internet between 3 billion people (and beyond) the registration with the social network of an almost similar number [1]. These opportunities show a growing trend because it has become an integral part of the culture of the new generations and after the lockdown for Covid-19 pandemic it has spread in a conscious and consolidated. In parallel, we have witnessed the development of the integration of existing technologies, such as the PC and Tablet, with the mobile phone with the new enabling technologies able to foster an ubiquitous research and online purchase, associated with the existence of physical shops, in which the potential customer can visit and/or buy [4]. In this sense, the Retail 4.0 is marked by an *omni-channel* retailing made possible by the *cross channel* and by the proliferation of digital touch points that have changed the shape of the “Customer journey”: from a sequence of phases to a “network of step”, almost all important and decisive, depending on the good/service and the type of target, to complete the purchase. Retail 4.0 aims to create a “shopping experience” through the hybrid combination of “digital company and brick and mortar company”. This combination, made possible by recent enabling technological innovations, implies that in the physical store it is necessary to make every interaction with the customer simple and immediate, in order to support the completion of his purchase process. The enabling technologies are of greater value when they allow a “frictionless experience” (i.e. experiences of purchase that have been fluid without interruption), since the consumer tolerance threshold has been reduced related to the inefficiencies of retailers and at the same time consumer has increased expectations with respect to capacity of satisfaction from retailers [1].

On the other hand, the grocery produces from the “serious inefficiencies” formed by the generation of FW that could disrupt this process of purchase by reducing the level of customer satisfaction and affecting the environmental sustainability global [5]. From this point of view, the FW creates a double damage because the unconsumed foods are not used for the reduction of the malnutrition of the planet and generate environmental impacts for the production of natural resources, that increase if they are “discharged” in the ecosystem because non-use as feed, energy recovery, compost, or other use, in the perspective of the circular economy (COM 2015/614final/EU).

Before identifying the enabling technologies of Retail 4.0, their perimeter was defined by creating a framework of definitions and identifying the distinction within the food waste (FW): “Gross waste” (GW) or “Surplus food” (SF) (“food or edible and safe food that for various reasons are not bought or consumed by the customers for which they were produced, processed, distributed” [6]) and “Net waste” (NW) (“GW and SF that is not recovered for

human consumption, for animal feed, for the production of goods or energy” [6]). This classification allow a better identification of the related causes [6] [7] and possible solution approaches [8] [9].

An analysis of the literature and the technologies information was realized to allow both a classification of the definitions of FW in retail and to identify the related causes, motivations and innovative solutions. The causes of FW was aggregated into three macro-categories: product issues, managerial issues, logistic issues. Their motivations were associated for each macro-category (Table 1). It mainly concerns perishable raw materials such as fruit and vegetables, meat, dairy products, baked goods and cooked foods and fish and seafood. “Potential” FW is produced when inappropriate packaging is adopted or “does not work” for food protection purposes, for example, in terms of temperature and humidity management or its correct visualization. As well as, the FW originates from an inadequate exposure on the “shelves” and the inability to anticipate the expectations of customers and to highlight the “benefits” achievable by the consumption of food, or other causes such as failure to comply with aesthetic standards [8]. Shelf Life (SL) is among the most important causes of FW and can also affect the variability of demand, representing among the first three causes of FW for consumers directly connected to the packaging [10]. In particular, for the purposes of FW, greater criticality is identified for perishable products as their consumption after the expiry date generates a risk of food poisoning. As a result, these expired foods “must” be eliminated from the “shelf” and, if the retailer does not employ them in other uses, they are to form the FL. The retailers to avoid them have systematically adopted managerial practices, such as *withdrawing food from shelf 2-3 days before the expiration date to allow stock and shelf regular reinstatement*, always in order to make food available with more extensive SL in benefit of the consumer [8]. Therefore, if the retailer does not offer targeted promotional campaigns for products near the expiration date or if it is not part of a food recovery system for charitable purposes, many “excellent” foods to consume for human use are discarded when they are close to expiration date and may generate FW.

2.2 Enabling Technologies Retail 4.0 for preventing and reducing food waste

Retail 4.0 can allow a smart reduction of FW [11] as it improves *back end* operations (BE) (as inventory management) and makes *front end* services (FE) more effective (from exposure of merchandise to restocking orders, to loyalty programmers, to optimization of pre and after sales service, including the use of electronic labels, dynamic prices and beacons) [2].

The analysis of the emerging literature of enabling technologies of Retail 4.0 was carried out with the aim of identifying those that can constitute solutions for the causes of food waste (Table 1).

Among the enabling technologies for the *back end*, the RFID (RadioFrequency IDentification) platforms “can boost inventory accuracy to 95%, while out-of-stocks can be reduced by 60% to 80% with item-level RFID tagging” [12]. In this sense, an improvement in economic sustainability is achieved by reducing stock-outs and overstocks can lower inventory costs by 10% [12]. So with an appropriate “plan to automate inventory visibility” to support *Product Life Cycle Management*, it is possible to manage information related to the individual product as origin of production, batch, ingredients, expiration date and so on. At present, there are already innovative applications that adopt RFID solutions dedicated to the prevention of FW in large retail chains. These applications allow to trace on the supply chain fresh products and very fresh, managing the expiration date and offering proactive tools for managing availability on shelf and promotions to be activated in real time, all with a drastic reduction in operating time. However, these solutions raise doubts about the real effectiveness of adoption for the

high costs of the RFID solution, which, although in constant reduction, not convenient to food products of minimum value sold by grocery [1].

The literature analyzed many issues of Retail 4.0 as impacts of enabling technologies and consumer trends, quality control of perishables, dynamic pricing based of perishables, automated replenishment of goods, customer's shopping experience, real-time inventory management [13].

The heart of Retail 4.0 is the *Internet of things* (IoT). This is the inter-networking of physical devices, vehicles, buildings, and other items embedded with electronics, software, sensors, actuators, and network connectivity which enable these objects to collect and exchange data. This allows remote control with improved efficiency, accuracy and economic benefit, and reduced human intervention.

Robotics and Automation (RA) play an important role in the reduction of FW since these allow reaching a high degree of efficiency with minimal or reduced human intervention. Among the BE in warehousing to automate the material flow from inbound logistics to outbound logistics. In particular, mobile robots with low cost sensors and in-store self-navigated robots are new technologies used in retail scenarios.

Cyber-physical systems (CPS) can play an equally strategic role in preventing and reducing FW. These systems are characterized by an advanced connectivity that ensures real-time data acquisition from the physical world and information feedback from the cyber space. Furthermore, CPS have intelligent data management, analytics and computational capability.

RA and CPS are increasingly combined with *Machine Learning* (ML) further enhancing the overall functionality of the technology with respect to FW reduction. ML enables the computer to learn without being explicitly programmed through the acquisition of information from sensors.

A further combination integrates *Big data analytics* (BDA). BDA software allows to analyze a very large number of data and allows, among other things, the use of predictive analytics and behavior analytics. These combinations enhance decision-making at all levels of the company. BDA together with ML can identify components of consumer requests to generate more accurate forecasts. In addition, BDA-ML allows access to real-time sales and inventory information.

For the *Quality control of perishables* in order to reduce FW, IoT architecture is used to measure the freshness of the perishable food products (Integration of RFID and wireless temperature sensor) by monitoring real-time temperature. This allows predicting and prolonging the shelf life of the perishable products [14].

Another application being implemented is the *Dynamic pricing* based of perishables. This application uses a smart RFID price tag by identifying food quality features to take the shelf-life dynamics in the supply chain. These applications allow for better judgment for shelf life of perishable products and associate prices related to the "quality" of the product.

To improve the effectiveness of SF promotions, specific applications have been developed such as *Smart shopping carts in stores* and *Beacons* associated with the *Apps*.

Smart cards are equipped with Bluetooth radios / sensors that allow localization in stores in order to display the promotions active in the store. Beacons are "proximity marketing" tools made up of Bluetooth 4.0 technology with smart low energy, which can interact with peripherals and devices. These devices allow the micro-location with which it is possible to convey customized content based on the exact location of the user. So retailers with Beacons can reach consumers who have downloaded the store app and enabled Bluetooth to offer them personalized suggestions related to products located in their immediate vicinity (within a radius ranging from 20 centimetres up to a maximum of 70 meters in the open air).

Some applications that allow the improvement of the BE for the reduction of the FW are

related to *Real-time inventory management*. Smart and real-time inventory management is possible with IoT and big data analytics. It includes electronically tagging products to enable tracking and identifying them while they are in the value chains.

While an application that simultaneously improves BE and FE is the *Automated replenishment of goods*. It uses many technologies as RFID, CPS and IoT for replenishment at the stores by real-time information on sales, inventory stock and particular issues, as shelf life.

Two best practices can be observed for Walmart System [15] and Wasteless System [15] which employ some of the previous applications that can potentially address the specific causes of FW (Table 1).

Since 2019 Walmart has implemented a system consisting of:

- Auto-S shelf scanners;
- FAST Unloaders;
- “One Best Way” Program.

In-store shelf scanners are employed in the FE to monitor product availability and planogram compliance. These scanners also improve BE as they help identify where stock levels are low or labels are missing. In this sense, the scanners provide a real-time view of the inventory in the store. They employ Machine Learning (ML) capabilities to scan dozens of lanes in under an hour. This information is integrated into an APP to provide collaborators with detailed information on the tasks to be completed.

Unloaders improve BE operations by automatically scanning and sorting items that are delivered to stores based on certain priorities. Combined with the data from the shelf scanner, the retailer can move inventory from warehouse to shelf sales faster by reducing the risk of FW generation.

“One Best Way” program can be effective mainly for managerial macro-causes of FW production. This program works on both optimizing technologies and making routine activities more engaging for staff. In this sense Walmart introduced a “virtual reality headsets and a new gaming app as part of its learning and development initiative, while a suite of task-orientated and management information apps has made it significantly easier to manage and monitor the flow of work in store” [15].

| FW (¹) | Motivations | BE FE (²) | Retail 4.0: Enabling Technologies |
|-------------------------------|--|--|--|
| PI (³) | 1. For errors and limited predictability of consumer demand and behavior in-store | <i>BE</i> <i>FE</i> | Wasteless system; Walmart system; Big data Analytics and Machine Learning; Smart shopping carts; Cameras; Beacon |
| | 2. Due to lack of tolerance of the customers compared to the lack of quality standards and to the deterioration of the products and the packaging, even for aesthetic defects of the fresh products | <i>BE</i> <i>FE</i> | Walmart system; Predictive Equipment Maintenance |
| | 3.A. For excessive quantities of products in store sales; 3.B. For breadth and depth of the product range; 3.C. For more product allocations during the in-store promotional periods | <i>BE</i> <i>FE</i> | Wasteless system; Walmart system; Beacon and App |
| | 4. For the request of high quality standards by the parent organization | <i>BE</i> <i>FE</i> | Wasteless system |
| | 5.A. For prepared and unconsumed food; 5.B. For food preparation wastes | <i>BE</i> <i>FE</i> | Beacon e app; Wasteless system |
| | 6.A. For too large portions/packaging; 6.B. For too large secondary packaging; 6.C. For non-conformity of the products, the packaging or the label | <i>BE</i> | Electronic Sensors and RFID |
| MI (³) | 1.A. For poor staff performance in orders and provision; 1.B. For lack of motivation; 1.C. For insufficient personnel; 1.D. For lack of experience; 1.E. For insufficient leadership and commitment | <i>BE</i> | Walmart System (“One Best Way” programm); Wasteless system training |
| | 2. For lack of organization of a donation system | <i>BE</i> <i>FE</i> | Walmart System (suite managerial information); Wasteless system ; App |
| | 2. For failure to predict orders and stock management for the efficient provision on shelf of all products | <i>BE</i> <i>FE</i> | Walmart System; Wasteless system; RFID; Beacon |
| LI (³) | 1.A. For delivery of products near expiration dates; 1.B. For poor quality of fresh produce delivered to the store; 1.C. For exceeding the “sell by internal date” (of inventory) not shown in good time; 1.D. To exceed the in-store “sell by date” not shown in good time; 1.E. For deteriorated food not replaced by shelf in good time | <i>BE</i> <i>FE</i> | Wasteless system; Beacon and App; RFID Platforms; IoT and big data analytics; Automated replenishment of goods (RFID, CPS and IoT); Walmart System; Real-time inventory management |

Tab. 1 – Causes of Food Waste (FW)¹, Motivations, Enabling Technologies Retail 4.0 for front end (FE)² service and back end (BE)² operations

Legend: Product Issues (PI)³, Managerial Issues (MI)³, Logistic Issue (LI)³

Sources: [6] [our elaboration]

Since 2018 an international Spanish retailer has adopted the second best practice. Wasteless System is based on Wasteless' Dynamic Pricing technology. This application allows both to reduce in-store FW problems and to reduce lost revenue due to inefficient inventory management. A study on a pilot project carried out before implementation allowed highlighting a reduction in FW of 33% and an increase in revenue of approximately 6%. The technology uses electronic labels that show the analysis of an algorithm that profiles the price levels based on the approach of the shelf life. The system uses the Point of Sale (Pos), App and specific Local Servers. The use of Wasteless System technologies allows retailers to have access to point of sale (POS) data and to inventory stock levels within supply chain, which allows better planning of surplus food (SF) promotions [16].

3. Conclusions

In this paper, Retail 4.0 technologies have been identified that can prevent and reduce some FW motivations, highlighting the Walmart System and Wasteless System as best practices. The Internet of Things, or rather, the Internet of Groceries, can not only facilitate tasks, it also has the potential to connect retailers and consumers throughout the product life-cycle, from the moment the product is withdrawn in the supermarket, through its storage and cooking, up to its disposal, or ideally, "complete consumption" rather than landfill disposal.

The limit of research is the lack of empirical evidence supported by a study on the topic of reference for the Italian case. Therefore, future research should analyze the attention of the top management of the Italian large retail chains adoption of smart technology applications that affect the prevention and reduction of FW.

References

- [1] **Kotler P., Stigliano G.**, "Retail 4.0, 10 regole per l'Era digitale", Mondadori Electa, Milano, 2018.
- [2] **Desai P., Potia A., Salsberg B.**, "Retail 4.0: The Future of Retail Grocecy in a Digital World", MacKinsey, 2012.
- [3] **Rifkin J.**, "La società a costo marginale zero", Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 2014.
- [4] **Kranabitl A., Pikart R.**, "From Digital Retail to Real-Time Retail", In: Linnhoff-Popien C., Schneider R., Zaddach M. (eds) "Digital Marketplaces Unleashed", Springer, Berlin, Heidelberg, 2018.
- [5] **Vulcano G., Ciccamese L.**, "Spreco alimentare: un approccio sistemico per la prevenzione e la riduzione strutturali", ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 279, 2018.
- [6] **Di Noia A. E., Nicoletti G.M.**, "Food Loss Issue – Focus on Retailing in Italy". In Current Trends in Commodity Science, Edited by A. Matuszak-Flejszman and K. Joachimiak-Lechman, Poznan: Poznan University of Economics and Business, 2019.
- [7] **Di Noia A. E., Cappelletti G.M.**, "Perdite alimentari, estensione della shelf life e impatto ambientale", In Estensione della shelf life nella filiera ittica ed analisi del ciclo di vita, Di Noia A. E. (a cura di). Milano: FrancoAngeli editore Open access, 2019. (in Italian)
- [8] **Gunders D.**, "Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food from Farm to Fork to Landfill", Second edition of NRDC's Original 2012 Report, 2017.
- [9] Cicatiello C., Franco S., Falasconi L., "Gli sprechi alimentari nella Grande Distribuzione Organizzata in Italia. Quantificazione e analisi dei prodotti alimentari smaltiti nei supermercati e ipermercati", Report Finale, Progetto Reduce (Contract number: 311972), marzo, 2019.
- [10] **Williams H., Wikström F., Otterbring T., Löfgren M., Gustafsson A.**, "Reasons for household food waste with special attention to packaging", Journal of Cleaner Production, 24, 141-148, 2012.
- [11] **Arias Bustos C.**, "Smart Reduction of Consumer Food Waste: Using technology for the benefit of retailers and consumers", Capgemini - The Consumer Goods Forum, 2018.
- [12] **Zebra**, "Reinventing Retail: 2017 Retail Vision Study, 2017.
- [13] **Vallandingham L.R., Yu Q., Sharma N., Strandhagen J.W., Strandhagen J.O.**, "Grocery retail sup-

ply chain planning and control: Impact of consumer trends and enabling technologies, IFAC PapersOn-Line, 51-11, 621-617, 2018.

[14] **Tichoniuk M.**, “Innovative packaging improving food quality and extending its shelf life”, Polish Journal of Commodity Science, 1[58], 2019

[15] **Stewart S.**, “How Walmart’s adding to its in-store technology ecosystem”, 19/04/2019. <https://retailanalysis.igd.com> (access: 01/09/2020)

[16] **Wasteless**, “Spanish retailer cuts waste by 32.7%”, 24/05/2018. www.wasteless.com (access: 01/09/2020).

Contribution of authors

1, 2.1, References (Cappelletti G.M., Di Noia A.E.); 2.2 (Di Noia A.E.); 3 (Cappelletti G.M.); Supervision (Nicoletti G.M.).

Surplus food donation by large retailers: Coop Alleanza 3.0 initiatives

Giulio Mario Cappelletti giulio.cappelletti@unifg.it, Alfredo Ernesto Di Noia, Giuseppe Martino Nicoletti, Dipartimento di Economia, Management e Territorio - Università di Foggia, Foggia

Summary

The aim of this paper is to analyze the reasons of food and food waste surpluses. The analysis focuses on the retail phase and on food recovery initiatives. The recovery strategies cover the sale at reduced prices for those products whose expiration date is near, both the donation initiatives of unsold products, not consumer accepted because they have some flaws but do not cause harm to the health of the consumer.

This paper analyzes the strategies implemented by the GDO, in particular by Coop Alleanza 3.0. In Coop system the food waste came to represent only 50% of that impact in all Italian large retail chains. In particular, the results of the donation initiatives for social purposes are analyzed with the “Ugly but Good” and “Good End” projects activated in the period 2013-2019.

Riassunto

Scopo di questo paper è analizzare le ragioni delle eccedenze alimentari e degli sprechi alimentari. L'analisi si concentra sulla fase del retail e sulle iniziative di recupero del cibo. Le strategie di recupero riguardano sia la vendita a prezzi ridotti per quei prodotti la cui data di scadenza è vicina, sia le iniziative di donazione di prodotti invenduti, non accettati dal consumatore perché presentano alcuni difetti che però non arrecano danni alla salute del consumatore.

Il paper analizza il caso delle strategie messe in pratica dalla GDO, in particolare da Coop Alleanza 3.0. Nel sistema Coop gli sprechi alimentari sono arrivati a rappresentare solo il 50% rispetto a quanto incidono mediamente nella GDO italiana. In particolare, si analizzano i risultati delle iniziative di donazione per scopi sociali raggiunti con i progetti “Brutti ma buoni” e “Buon fine” attivati nel periodo 2013-2019.

1. Introduction

Each year, about one third of all food produced in the world, which amounts to 1.3 Gt of edible food, does not reach the end user. Recent estimates by the European Union (EU) indicate that waste has dropped from 161 to 149 kg per capita (COM 2018/29final/EU). Other estimate these food loss between 146-200 kg per capita per year, more recent study estimate them in the range 194-298 kg per capita per year, for an estimated value of approximately 143 billion euros [1].

In 2020, Italian food waste are estimated at just under 10 billion euros divided between production (about 65%) and distribution (over 30%). This figure is 1.5 billion euros lower than in 2019, thanks to the reduction of household food waste (FW) [2].

The European Union is committed to preventing and reducing FW in the broader policy implemented for the transition to a circular economy (COM 2015/614 final/EU) for this

reason it has also provided specific guidelines for the food donation. Furthermore, the EU has adopted, in Directive 851/2018/EU (currently being transposed in Italy), the goal of reducing food waste by 30% by 2025, and that, defined in the context of the Agenda for Sustainable Development for 2030 (United Nation's Agenda 2030), which foresees "by 2030, halve per capita global food waste at the retail and consumer levels ..." (Target 12.3). The need to prevent the generation of surplus food (SF) is important at all stages of the supply chain.

However, the retail phase, while representing only 5% of FW, and especially the large retail chains, plays a strategic role for their reduction since on the one side is the meeting place of different stakeholders and on the other can perform a regulating function and training for suppliers and consumers [1] [3].

The most effective preventive measure from the point of view of Circular Economy is the donation of surplus food. The food donation to charitable organizations, through the recovery of food surplus during the retail phase, allows the reduction of FW. Especially during the first months of the Covid-19 health emergency, with the lockdown, the centrality of food recovery was highlighted. The accumulation of food close to the expiration date in the warehouses and shelves of food companies and large retail chains led, during the lockdown, to the simultaneous interruption of donation activities and consequently to an increase in FW [4]. This paper examines both the reasons for the surplus food and food waste, which may relate to causes attributable to products, management and logistical problems, both the food donation initiatives for social purposes by Coop Alliance 3.0.

2. Causes and management of food surplus, food donation and Coop Alleanza 3.0 initiatives

2.1 Causes of food surplus in retail

In the retail sector, FS is considered as "food or edible and safe food that for various reasons are not purchased or consumed by the customers for whom they were produced, processed, distributed". In particular, these foods, without prejudice to compliance with the hygiene and safety requirements of the product, are those unsold or not supplied due to lack of demand. As a result, SF or "potential" FW become waste and disposed of in landfills, when they are not for human consumption, for animal feed, for the production of goods or energy (*denoted "Net waste"*) [1] [5]. The reasons for the formation of SF and FW can be linked to causes attributable to the product, managerial and logistic issues.

The causes related to issues related to the "product" mainly concern the predictability of consumer behaviour in the store. Consumers "choose" not to purchase a product when the expected quality standards are lacking (even aesthetic defects in fresh products), or when the products have deteriorated, even only in the packaging. Another category of reasons concerns company policies linked to the breadth of the range and the presence of excessive quantities on the shelves, including high promotional policies.

SF and FW can be generated by large retail chains compliance with high quality standards. In some stores where there is a "delicatessen department", there may be SF consisting of uneaten prepared foods and the related preparation waste. Another cause of FW concerns its packaging, which is sometimes oversized. Finally, SF could be created due to non-compliance of products, packaging and labels.

The issues were due to "managerial aspect" only concern the performance of staff in the procurement process due to lack of motivation, even by the manager, and adequate experience, as well as due to excessive workloads compared to the helpful staff. Furthermore, another important cause of FS is the lack of an adequate donation / redistribution system.

In relation to the "logistical" issues, some causes of SF depend on the delivery of products

with a shelf life that is too close to the expiry dates or due to the poor quality of fresh products delivered to the point of sale. But, above all, because the expiration date inside (warehouse) and in the store is not highlighted in time.

In addition, SF can be generated for deteriorated foods that are not replaced on the shelves in time and for errors in forecasting orders and managing the stocks necessary to effectively replenish the shelves (COM 2015/0614final/EU) [1].

2.2 Evolution of the Italian legislation relating to food donation

The framework of the hierarchy of FW, based on the one defined by the EU for waste management, provides the upper level prevention as better desirable and the lower level, the landfill, the app is less desirable.

To allow the reduction of food loss and FW, the best option among the better preventive measures would be effective management of a system of “donation and redistribution” of SF for human consumption to the most deprived persons. In recent years, national legislation has evolved to favor it.

The Italian law n. 155 of July 16, 2003 (or the law of the “Good Samaritan”) allowed the donation for the purpose of social solidarity, thanks to the equalization of non-profit organizations of social utility to the consumer (NPOs). In this way, the donors were relieved of the so-called principle of “path responsibility”. Subsequently, the Italian Stability Law 2014 (Article 1, paragraphs 236-237) provided that both the NPOs that provide food to the poor and those who donate food to the NPOs must ensure a correct state of conservation, transport, storage and delivery.

The latest regulatory intervention on the issue was the Italian law no. 166 of 19 August 2016 (“Gadda law” or “anti-waste” law) which incorporated the law of the “good Samaritan”.

The “anti-waste” law has further encouraged food donation for the purpose of social solidarity, organically defining the terms of the redistribution of SF recovered and providing multiple benefits for donors. The “Gadda law” defines SF in a non-exhaustive way as food, agricultural and agri-food products which, without prejudice to the maintenance of the hygiene and safety requirements of the product, have remained unsold due to programming errors and / or lack of demand, withdrawn from sale for non-compliance with the required company requirements, inventories of promotional activities, close to the expiration date, alteration of the packaging that does not affect the state of conservation.

On the one hand, the law provides for adequate “tax incentives” for donor companies through their involvement in the organization of an effective logistic service for the transfer of SF to entities, usually from the third sector (NPOs), which distribute them to the poor.

On the other hand, the food donation process and related administrative procedures have been simplified and in some cases have become less onerous, as in the case of the high costs of landfilling.

In summary, the “anti-waste” law encourages food companies, hypermarkets, supermarkets, shops and restaurants to donate SF, attempts to recover it, to all NPOs. In fact, the volumes of Italian food donations have increased by about 20% after one year from its entry into force [6].

2.3 Surplus food management in Coop Italia

In Italy, even before the specific legislation was enacted, retail trade was sensitive to the recovery of SF [7] [8]. In large retail chains, Coop Italia is the second largest retail business (with the dominant format: hypermarkets / supermarkets), ranking 71st among the 250 largest in the world [9].

Coop Italia is made up of a consortium of six cooperatives, called “Coop Italia Società Co-

operativa". Since 1989 some of these cooperatives have carried out projects for the recovery and since 2003 tested procedures have been adopted in the "management practices". This commitment has allowed Coop Italia to reduce food waste to a level equal to 50% of that of the Italian large retail chains [5], so much so that it represents a useful best practice for Italian and European retail [10].

Coop Italia has been sensitive to issues related to SF through the implementation of a system of actions / interventions based on an adequate Circular Economy approach.

An organized approach according to the following hierarchy for the FW prevention and reduction:

1. extraordinary sales (with high discounts) of goods close to expiry, through which part of the economic value for the company is recovered;
2. donations to solidarity, through which people in conditions of poverty and hardship are supported or organizations that deal with support for abandoned pets are supported;
3. delivery to entities for the recovery or transformation, through which it is possible to reuse as secondary raw materials in industrial processes or the production of compost or energy etc.

Coop Italia is committed to optimizing actions to reduce SF from the point of view of product, managerial and logistical issues, and measures the amount of food that can no longer be sold, even if it is still consumable. These SF that are generated in the store could become a "potential" FW and can depend on a number of reasons:

- high standards of quality and service imposed by Coop Italia (leader);
- having to guarantee complete and fresh assortment on the counters until the closing of the store;
- withdrawal from sale of food products a few days before the expiry date;
- slight defects in external packaging, or accidental breakages / damage to the packaging;
- suboptimal external appearance;
- damage / deterioration of the product due to inadequate conservation or accelerated maturation and consequent degradation of the same (as for fruit and vegetables);
- redundant production of waste during processing (usually performed in the meat, fish, delicatessen, bakery, pastry departments).
- misunderstanding / confusion related to words on the label about to minimum duration or date "to be consumed preferably by".

Furthermore, Coop Italia has set up, for all channels (Supermarkets and Hypermarkets), timely detection systems for FW due to breakdowns, damages etc. With few exceptions these SF concern perishable products (e.g. fresh, such as fruits and vegetables), and in almost all stores, Coop Italia has structured an accurate weight measurement and the value of "discarded" food for degradation of the products themselves.

In particular, a survey among almost all the cooperatives belonging to Coop Italia on the main administrative reasons used to classify SF, highlighted "Donations to charities" for social solidarity purposes in second place in the frequency ranking, and was considered by all participating stores mainly as a secondary reason [5].

2.4 The donation initiatives of food surplus / food waste of Coop Alleanza 3.0

Coop Alleanza 3.0 (also a member of Coop Italia) was born in 2016 from the merger of three consumer cooperatives: Coop Adriatica, Coop Consumatori Nordest and Coop Estense.

With regard to solidarity donations of SF, for the period 2013-2014, the data relating to the Coop Estense stores were considered, while for the period 2015-2019 the data of Coop Alleanza 3.0 were analyzed. In these points of sale, Coop Italia's "Guarantee Guidelines" were available, containing instructions for selecting the SF to be recovered.

Coop Estense (later merged into Coop Alleanza 3.0) organized the donation of these foods to “charities” to allow their distribution through the voluntary participation of points of sale in a specific project, launched by Coop Italia, called “Ugly but Good” (denoted in Italian “Brutti ma Buoni”), and then continued with the name “Good End” (denoted in Italian “Buon Fine”) [5] [10]. This project, developed following a Circular Economy perspective, concerns multiple product categories, and was carried out after convenient promotions (discounted prices of 30% or 50%) carried out with many initiatives, such as “Seize the day” (denoted in Italian “Cogli l’attimo”).

The “Ugly but Good” project was implemented for the period 2013-2015. It has made it possible to pursue a Cooperative policy that finds maximum efficiency in the recovery of unsaleable but still useful products - close to the expiration date or with damaged packaging - through their destination, in full compliance with taxation, hygiene and health regulations, to charitable organizations and cooperatives engaged in social assistance for the benefit of the poorest people.

The group of Coop Estense volunteers coordinated the activities in each store and attended the various associations and NPOs that received the products no longer marketable. For this period, the available data do not allow a homogeneous comparison with those relating to subsequent years because these only concern Coop Estense. However, it should be noted that all available indicators are increasing (economic value and weight of food, number of points of sale and NPOs that are members) (Table 1).

In 2016 and 2017, also following the birth of Coop Alleanza 3.0, the “Ugly but Good” project was renamed “Good End”. The goal of this project has become to meet the needs of members and customers, lowering the cost of products close to expiry. Only later, the effort was directed towards the donation of foods that were not sold at a discounted price (“post-promotion” food surplus) to support local non-profit [5] [10].

In the 2016-2019 period, Coop Alleanza 3.0 donated between 13,000 and 15,000 meals. The economic value of food decreased from 2016 to 2019 respectively from 13.6 million euros to around 11 million euros, with much lower levels in the two intermediate years.

In particular, the significant reduction in the economic value of food donations in 2018 is due to the strengthening of the commitment against FW through the support of promotional policies with sale at a discounted price (30% or 50%) of products close to expiry, placed daily in dedicated exhibitors in all stores that was much appreciated by shareholders and customers [11].

In addition, in the period 2016-2019 the number of participating points of sale increased from 231 to 268 (with a value exceeding 280 in 2018). The weight of food, on the other hand, decreased from 2,721 tons (2016) to 2,400 tons (2019), as did the number of NPOs from 500 (2016) to 466 (2019) (Table 2).

| Year | Name of the “Coop” | Daily meals (n.) | Food economic value (.000 €) | Stores (n.) | Food weight (t) | Non-profit organizations (n.) |
|------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| 2013 | Estense | n.a. | 6,619 | 49 | 1,129 | 375 |
| 2014 | Estense | n.a. | 7,031 | 53 | 1,173 | 391 |
| 2015 | Alleanza 3.0 | 14,880 (6,580) ¹ | 11,853 | 222 | 2,716 | 400 |

Tab. 1 – Project data “Ugly but Good” (2013-2015).

Legend: ¹ The number of meals in brackets refers only to Coop Estense.

Sources: [12] [13] [14]

| Year | Name of the “Coop” | Daily meals (n.) | Food economic value (.000 €) | Stores (n.) | Food weight (t) | Non-profit organizations (n.) |
|------|--------------------|------------------|------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| 2016 | Alleanza 3.0 | 14,910 | 13,529 ¹ | 231 | 2,721 | 500 |
| 2017 | Alleanza 3.0 | 15,550 | 9,508 | 255 | 2,800 | 471 |
| 2018 | Alleanza 3.0 | 14,800 | 7,949 | 280 | 2,700 | 493 |
| 2019 | Alleanza 3.0 | 13,000 | 10,700 | 268 | 2,400 | 466 |

Tab. 2 – Project data “Good End” (2016-2019)

Legend: ¹ The economic value of non-food goods amounts to approximately € 500,000

Sources: [15] [11] [16] [17]

| Year | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Economic value food donated per store (€) ¹ | 135,082 | 132,660 | 53,392 | 58,567 | 37,282 | 28,389 | 39,925 |

Tab. 3 – Economic value food donated per store (€) and in relation to the quantities (€/t)

Legend: ¹ Economic value of food donated / conferring points of sale (€ / point of sale);

Sources: our elaboration

As a first approximation, an indicator to be used to measure the “performance” of Coop Alleanza 3.0 donation system. It can be the “Economic value of food donated per store (€)” (Table 3).

In the period 2013-2019, the indicator decreased significantly for the first 6 years from € 135,082 to € 28,398, and then rose again in 2019 (€ 39,925).

This indicator highlights a substantial reduction in the value of SF, also for related promotional policies. However, the indicator does not allow explaining the degree of effectiveness of the donation system of the two projects since it would be necessary to know the size of the supplying points of sale.

3. Conclusion

In this paper was studied the model implemented by Coop Alleanza 3.0 concerning to problem of SF management and the policy of donating them to charities according to the Circular Economy approach.

The model highlighted the need for effective dialogue / cooperation between stakeholders (managers, staff, consumer members, NPOs and disadvantaged people). This effectiveness favors a faster response time, which is strategic for reducing FW, especially perishable food.

The limitation of this research is related to documentation and information acquired that have not always made it possible to explain the reasons for the fluctuations in donations.

Another limitation is represented by the failure to indicate the size of the individual stores, in order to understand the possible correlation between FW and the size of the stores. All of the above to detect the existence of correlations between the size and the adoption of management procedures and managerial skills for the reduction of FW.

In this sense, future research will deepen the correlation between size of the store and the value of food donations.

References

- [1] **Di Noia A. E., Cappelletti G.M.**, “Perdite alimentari, estensione della shelf life e impatto ambientale”, In Estensione della shelf life nella filiera ittica ed analisi del ciclo di vita, Di Noia A. E. (a cura di). Milano: FrancoAngeli editore Open access, 2019. (in Italian).
- [2] **Spreco Zero**, “Lo spreco di cibo per la prima volta in calo nelle case degli italiani”, Comunicato

stampa, 04/02/2020, <https://www.sprecozero.it>. (access: 27/08/2020). (in Italian).

[3] **Di Noia A. E., Nicoletti G.M.**, “Food Loss Issue – Focus on Retailing in Italy”. In *Current Trends in Commodity Science*, Edited by A. Matuszak-Flejszman and K. Joachimiak-Lechman, Poznan: Poznan University of Economics and Business, 2019.

[4] **Pavone S.**, “Come mangiamo dopo il Covid-19? Ridotto lo spreco alimentare”, 28/05/2020, www.greenplanner.it (access: 31/08/2020) (in Italian).

[5] **Invernizzi V., Balugani G., Longo D., Ravelli G.**, “Libro bianco Coop sullo spreco alimentare”, Associazione Nazionale Cooperative di Consumatori - Coop Settore Politiche Sociali, 2017. (in Italian).

[6] **Asvis**, “Focus Lotta allo spreco alimentare. Gdl Goal 12 - Consumo responsabile”, Allegato n. 1 al Position Paper 2019 del Goal 12, 2019. <https://asvis.it/> (access: 30.12.2019) (in Italian).

[7] **Mipaaf-Crea**, “L'osservatorio sulle eccedenze, sui recuperi e sugli Sprechi Alimentari. Ricognizione delle misure in Italia e proposte di sviluppo. Rapporto finale della prima annualità”, 2019. <http://www.crea.gov.it>. (access: 30/12/2019) (in Italian).

[8] **Garrone P., Melacini M., Perego A.**, “Surplus food recovery and donation in Italy: the upstream process”, *British Food Journal* Vol. 116(9): 1460-1477, 2014.

[9] **Deloitte**, “Global Powers of Retailing 2020”, 2020. www2.deloitte.com. (access: 01.09.2020).

[10] **Rutten M., Nowicki P., Bogaardt M., Aramyan L.**, “Reducing food waste by households and in retail in the EU: a prioritisation using economic, land use and food security impacts”, LEI Report 2013-035, The Hague, LEI, Wageningen UR, 2013.

[11] **Coop Alleanza 3.0**, “Rapporto sullo scambio mutualistico e le iniziative per le comunità 2017”, 2018. (in Italian).

[12] **Coop Estense**, “Bilancio Responsabilità Sociale 2013”, 2014. (in Italian).

[13] **Coop Estense**, “Bilancio Responsabilità Sociale 2014”, 2015. (in Italian).

[14] **Coop Alleanza 3.0**, “Report di Sostenibilità 2015”, 2016. (in Italian).

[15] **Coop Alleanza 3.0**, “Report di Sostenibilità 2016”, 2017. (in Italian).

[16] **Coop Alleanza 3.0**, “Rapporto sullo scambio mutualistico e le iniziative per le comunità 2018”, 2019. (in Italian).

[17] **Coop Alleanza 3.0**, “Assemblee separate Bilancio 2019”, 2020. (in Italian).

Contribution of authors

1, 2.4, 3 and References (Cappelletti G.M., Di Noia A.E.); 2.1, 2.3 (Di Noia A.E.); 2.2 (Cappelletti G.M.); Supervision (Nicoletti G.M.).

Application of the Health and Environmental Risk Analysis aimed at preventing the generation of waste

*Francesco Caridei, fc@ecosurvey.it, Marco Pagano Ecosurvey®, Bologna
Ugo Bacchiega BBT SE, Bolzano
Matteo Crespi, Sarah Bonvicini DICAM Università di Bologna, Bologna*

Summary

Over the years, the railway area of Fortezza has undergone many structural changes. Currently, only seven train tracks are active and the subsoil is partly made up of soil mixed with coal slag. At the railway embankment, an underpass of the current carriageway is planned, due to the new viability required by the Brenner Base Tunnel (BBT) works.

In order to define the on-site materials (configured as historical carryovers) an inert for backfilling, the absence of risk of contamination for the environment and for human health was verified through a site-specific Risk Assessment.

Among the waste (soil with coal slag) management, two hypotheses were considered: transfer to landfill by soil remediation (paragraph p) art. 240 Legislative Decree 152/06) and the construction of a green barrier wall to improve the separation area between the railway and the residential nearby area by a MISP¹ (paragraph o) art. 240 Legislative Decree 152/06). The comparison of the two options evaluate the significant environmental benefits and the savings of over 3 million euros in public resources of the MISP solution compared to the remediation hypothesis, as initially envisaged by the customer.

Riassunto

Nel corso degli anni, l'area ferroviaria della stazione di Fortezza è stata interessata da molteplici modifiche strutturali. Attualmente, solo sette binari risultano attivi ed il sottosuolo è risultato in parte costituito da terreno misto a rifiuti costituiti da scorie carboniose. In corrispondenza del rilevato ferroviario è previsto il sottopassaggio dell'attuale carreggiata per la nuova viabilità necessaria al progetto della Galleria di Base del Brennero (BBT).

Per assimilare i rifiuti seppelliti di riporto storico ad un riporto inerte è stata verificata l'assenza di rischio di contaminazione per l'ambiente e per la salute umana, mediante un'analisi dei rischi sanitari e ambientali sito specifica.

Per la gestione dei rifiuti, sono state considerate due opzioni: il conferimento in discarica mediante bonifica (comma p) art. 240 D.Lgs. 152/06) e la realizzazione di un vallo barriera verde per migliorare l'area di separazione tra la ferroviaria e la vicina zona residenziale mediante MISP¹ (comma o) art. 240 D.Lgs. 152/06). Il confronto delle due opzioni esaminate ha consentito di valutare i significativi benefici ambientali ed il risparmio di oltre 3 milioni di euro di risorse pubbliche della soluzione MISP rispetto all'ipotesi della bonifica, come inizialmente previsto dal cliente.

¹ Messa in sicurezza permanente

1. Introduction

Related to the new viability required by the Brenner Base Tunnel (BBT), during the construction of a new carriageway to underpass the railway, buried coal slag have been found below demolished buildings. This unpredictable occurrence implied the need of a smart solution for the redevelopment of the area. Moreover, it had to be shared with and accepted by population and authorities and, at the same time, it had to fit into the correct scientific and technical frame to limit the costs and the quantity of waste destined for disposal. The case study presented in this work testifies that Risk assessment can be a valid evaluation tool to support circular economy and a sustainable redevelopment of urban areas.

2. Activities

2.1 Site description

The BBT is the heart of the Scandinavia-Mediterranean TEN Corridor from Helsinki (Finland) to La Valletta (Malta), constituting a main step target in the European transport policy. The case study considers the active railway area of Fortezza in the province of Bolzano, in Italy, where the subsoil, to be excavated and managed within the construction activities of a railway underpass, consists of debris flow terrains modelled with large quantities of coal slag, mainly due to the former maintenance activities of steam locomotives (Figure 1).

Geochemical, geotechnical and geophysical exams highlighted a buried layer of soil with coal slag from the subsoil to a medium depth of about 5,2 meters. These materials are configured as historical carryovers prior to the Italian Decree 915/82, therefore, excluded from the context of waste / landfill abandon. Figure 2 depict the location of the environmental surveys executed in the area of interest, in 2019 and 2020, and Figure 3(a) the stratigraphic section. The average depth of groundwater was found at about 20 m below ground level and the granite bedrock is found at about a depth of 30 m.

The environmental investigations highlighted the presence of metals, heavy hydrocarbons (C>12) and PAHs in the soil with coal slag not exceeding the contamination threshold concentration values CSC for industrial site (Decree 152/06, Tab. 1.B, Annex 5, Part IV). The only parameter whose concentration was found exceeding the industrial limit was Antimony, detected in surface soil (0-1 m below ground level), in the East underpass area (SS_EST_INDUSTRIALE).



Fig. 1 – Warehouse for the locomotives, Fortezza 1975

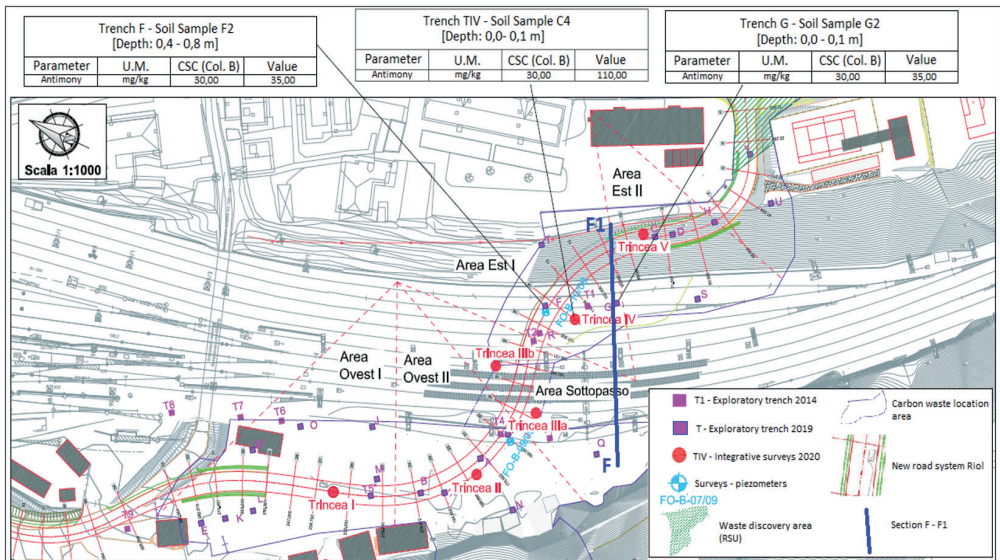


Fig. 2 – Railway area of Fortezza and location of surveys in 2019 and 2020

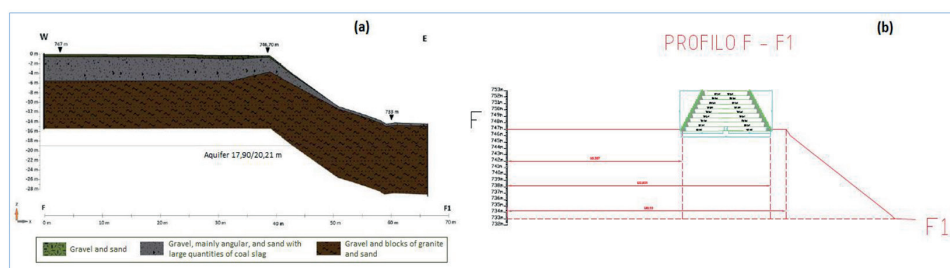


Fig. 3 – Stratigraphy of actual state and future scenario with construction of the green barrier

2.2 Health and Environmental Risk Analysis

According to the Decree 152/2006 [1] and the resolution of the Provincial Government of Bolzano [2], a site-specific Risk Assessment was performed by means of Risk-net v.3.0 software [3], to support the redevelopment of the area by the exploitation of the resources otherwise envisaged for disposal. The site-specific Risk Assessment is an analysis of the effects on human health deriving from the prolonged exposure to the action of contaminating substances in the environmental matrices [1]. In this case the Risk analysis attested the environmental compatibility of the soil with coal slag, considering the hypothesis of its reuse on site, for a total of about 16.000 m³, by means of the construction of the green barrier wall.

The human targets identified are the workers in the railway area (on-site target) and the inhabitants in the residential area outside the railway (off-site target). The off-site receptor distance (ADF) has been conservatively located 5 m from the area of interest. Table 1 presents the migration routes for the site scenario; the on-site route of exposure by inhalation of indoor and outdoor vapors was excluded from the examination because the parameter Antimony is not a volatile compound. The size and extension of the contamination source was determined and the representative concentration of the source (CRS) was defined applying the “worst case” principle, by selecting the maximum value from the detected anomalies.

| Exposure path | Soil ingestion and dermal contact | Outdoor particulates inhalation | Indoor particulates inhalation | Outdoor vapor inhalation | Indoor vapor inhalation | Leaching to groundwater |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| On-site receptors | YES | YES | YES | NO | NO | YES |
| Off-site receptors | NO | YES | NO | NO | NO | YES |

Tab. 1 – Exposure path

2.2 Impacts

The activities for the construction of the railway underpass generate about 20.000 m³ of soil with coal slag to be managed with the aim to reduce the production of waste while minimizing its dangerousness. In order to define the best solution, between traditional terrains disposal and design innovations, social and economic aspects were evaluated and compared basing on the main principles of the Green & Sustainable remediation [4], as follows:

- apply the B.A.T.N.E.E.C.² criteria;
- reduce the compliance costs;

² Best Available Technologies Not Entailing Excessive Cost

- reduce the negative impacts to environment, society, economy;
- minimize the risk for humans and the environment.

3. Results

3.1 Direct and indirect Risk Assessment

The Hazard Index (HI) quotients for non-carcinogenic substances, and the incremental R risk (R) values for carcinogenic substances, are evaluated to quantify the human health risk from exposure to contamination and assess its acceptability. The risk is acceptable if [5, 6]: (i) carcinogenic risk R for each substance is $< 10^{-6}$; (ii) cumulative carcinogenic risk R is $< 10^{-5}$; (iii) HI per substance is < 1 ; (iv) Cumulative HI is < 1 .

The results of Risk Assessment in direct mode, presented in Table 2, show that:

- there are no risks for humans, i.e. on-site workers and off-site residents;
- for the area of interest, there are no risks due to leaching and groundwater transport, i.e. the environmental risks are acceptable.

| | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| Risk – Surface soil | On-site | Health Risk | Soil ingestion | R | - | |
| | | | | HI | 4,28e-2 | acceptable |
| | | | Dermal contact | R | - | |
| | | | | HI | 5,65e-3 | acceptable |
| | | | Outdoor particulates | R | - | |
| | | | | HI | 2,69e-7 | acceptable |
| | | | Cumulative Outdoor Risk | R | - | |
| | | | | HI | 4,85e-2 | acceptable |
| | Indoor particulates | R | - | | | |
| | | HI | 2,69e-7 | acceptable | | |
| | Cumulative Indoor Risk | R | - | | | |
| | | HI | 2,69e-7 | acceptable | | |
| | Environmental Risk | Leaching | Rgw | 1,57e-1 | acceptable | |
| | | | | | | |
| Off-site | Health Risk | Outdoor particulates | R | - | | |
| | | | HI | 1,13e-6 | acceptable | |
| | | Cumulative Outdoor Risk | R | - | | |
| | | | HI | 1,13e-6 | acceptable | |
| | Environmental Risk | Leaching | Rgw | 6,66e-02 | acceptable | |
| | | | | | | |

Tab. 2 – On-site and off-site risk calculation (direct mode)

Moreover, an indirect Risk Assessment was assessed to evaluate the risk threshold concentration (CSR), i.e. the concentration whose overcoming requires safety measures and remediation. The results of Risk Assessment in inverse mode, presented in Table 3, show that the calculated CSR are higher than the site's representative source concentration, confirming that remediation of the site is not necessary. Therefore, the reuse of the excavated soil on-site was supported, avoiding new waste production.

| Contaminant | CSR (HH) (mg/kg) | CSR (GW) (mg/kg) | CSR (mg/kg) |
|-------------|------------------|------------------|-------------|
| Antimony | 722 | 223 | 223 |

Tab. 3 – CSR evaluation (inverse mode)

3.2 Solutions for the redevelopment of the area and sustainable benefits

Among the waste (excavated soil with coal slag) management, two hypotheses were considered: transfer to landfill and reuse on site by the construction of a green barrier wall. The green barrier (Figure 3(b) and Figure 4) was designed to improve the separation area between the railway and the residential nearby area with the function of visual and acoustic mitigation. Seismic and geotechnical studies were carried out to support the design of the structure and verify the stability conditions. Seismic study included the calculation of the seismic action of the project and the seismic limit states. Geotechnical studies determined the geological model and calculations, with the software MacStars W using the methods of Bishop and Janbu with the break off limit of Mohr-Coulomb, determined the global and internal geotechnical stability checks for static and seismic conditions [7]. The green barrier consists of a reinforced embankments structure, about 200 meters long, 18 meters large and 6 meters high, built with pre-assembled units of double twisted wire mesh designed to resist the shear, compression and traction forces acting naturally or generated by the loads induced on the structure. Moreover, the green barrier wall presents the benefits reported in Table 4, if compared to the landfill disposal, especially the reuse on site of 19.357 m³ excavated soil by the construction of the green wall and on site backfilling. One of the main benefits obtained is the reduction of CO₂ emissions and fuel consumption generated by the transport of the terrains with coal slag calculated in agreement with UNI EN 16258 [8]; in particular, the intervention of creating the green barrier allows a saving of 1,44x10⁷ liters in term of fuel and a reduction of 4,67x10⁷ t in terms of CO₂eq.

| Benefits | Effects |
|-------------|--|
| Environment | conversion of up to 90% of the excavated soil into a valuable resource |
| | reduction up to 99% of the CO ₂ eq emissions, mainly because of avoiding the transfer of the excavated soil to the landfill |
| Society | creation of a new green area for the citizenship |
| | creation of a pedestrian paved walking area |
| | reduction of the noise and the visual impact caused by the existing railway |
| Economical | reduction up to 91% of the costs, because of avoiding soil landfilling |

Tab. 4 – Benefits from the green barrier construction compared to soil landfilling.

The landscape objective of the installation is to make the wall an opportunity to show the biodiversity of the Province of South Tyrol and a sensorial stimulus. A vegetal sensory path was planned over the wall to smell, touch, recognize shapes, look and feel barefoot. Figure 4 shows the actual view of the railway area from the residential area and the green barrier rendering at the entrance to the underpass.



Fig. 4 – Residential area rendering of the green barrier.

4. Conclusions

The reuse on-site of the terrains with coal slag represents an opportunity to enhance waste management, not only under an environmental perspective, but also from an economic and social point of view. The application of the Risk Assessment has supported this option, confirming that the use of the excavated materials would lead to no health and environmental risks.

The green barrier project was approved by the Services Conference at the Autonomous Province of Bolzano and submitted to the VIA Committee of the Italian Ministry of the Environment and will be realized within 2021.

Bibliography

- [1] **Legislative Decree 152 (2006)** Environmental regulations. Official Journal of the Italian Republic 88 of 14 April 2006, Italy (in Italian). Available at: <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/06152dl.htm> (accessed 4 September 2020).
- [2] **Resolution DGP 1072/2005**. Disposizioni relative a bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati. Available at: <http://gestione-rifiuti.it/normativa-bolzano> (accessed 04 September 2020)
- [3] **RECONnet (2018)** Manuale d'uso Risk-net versione 3.1 Pro, Novembre 2018, Iason Verginelli, Università degli studi di Roma "Tor Vergata".
- [4] **US Environmental Protection Agency (2008)**. Green Remediation: Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation of Contaminated Sites, Washington, DC: US Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste and Emergency Response.
- [5] **U.S. EPA. (2005)** Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. 70 FR 17765-17817. Available at: <https://www.epa.gov/fera/risk-assessment-carcinogenic-effects> (accessed 4 September 2020)
- [6] **Legislative Decree 4 (2008)**. Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. G.U. n. 24 of 29 January 2008. Available at: www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2008/01/29/008G0020/sg (accessed 04 September 2020)
- [7] **Decreto Ministeriale 17.01.2018 (2018)** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (NTC 2018).
- [8] **EN 16258:2013**, "Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers)".

Estimate of the potential automotive battery market in 2030: a case study from Brazil

Francine Duarte Castro¹ f.castro@unibs.it, Laura Cutaia², Mentore Vaccari¹

¹University of Brescia, Brescia; ²Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Rome

Riassunto

Considerando la prevista espansione della flotta di auto elettriche in Brasile nei prossimi anni, questo articolo ha come obiettivo principale la valutazione del potenziale di mercato per tre diversi scenari di penetrazione delle auto elettriche nel parco auto brasiliano entro il 2030: 1%, 4% e 10%. I risultati hanno mostrato che il numero di batterie agli ioni di litio per automobili (LIBs) immesse sul mercato brasiliano potrebbe superare le 1.500.000 unità nel 2030, mentre le LIBs alla fine vita (EOL) potrebbero superare le 500.000. Questi numeri potrebbero portare a una domanda di Li e Co superiore alla produzione interna brasiliana di tali minerali nel 2018. Le strategie per la gestione delle EOL LIBs devono essere valutate e messe in vigore nel paese, di fronte allo sviluppo previsto del mercato delle auto elettriche.

Summary

In view of the expected expansion on the fleet of electric cars (EC) in Brazil in the coming years, this paper aimed to assess the market potential for three different scenarios of penetration of EC in the Brazilian car fleet by 2030: 1%, 4% and 10%. The results showed that the number of automotive lithium-ion batteries (LIBs) placed on the Brazilian market could exceed 1,500,000 units in 2030, while end-of-life (EOL) LIBs could surpass 500,000. These numbers could lead to a demand for Li and Co higher than the Brazilian domestic production of such minerals in 2018. Strategies for managing EOL LIBs need to be evaluated and put in force in the country, in face of the predicted development of the EC market.

1. Introduction

The fleet of electric vehicles (EVs) has increased worldwide. In 2019, the stock of electric cars (EC) reached 7.2 million units, and the expected stock of EVs in 2030 may surpass 245 million units [1]. In Brazil, the fleet of EVs represents around 0.04% of the total fleet, but this share is expected to increase in coming years, especially due to the recent developments in Brazilian legislation and incentives [2][3]. On December of 2018, the Law number 13,755 (“Route 2030 - Mobility and Logistics”) entered in force in Brazil and is expected to boost the market of hybrid and electric vehicles in the country in the next decade, due to tax incentives and the requirement of 11% reduction in fuel consumption from 2022 onwards [4]. In 2019, after the promulgation of the law, the registration of EVs grew 198% in the country, in comparison to 2018 [2].

Most EC are powered by lithium-ion batteries (LIBs), which contain strategic and critical raw materials, such as cobalt, lithium and graphite. The development of an adequate management

system for end-of-life (EOL) LIBs is, therefore, of utmost importance to guarantee resources preservation. Brazil, however, still lacks guidelines on how to properly manage EOL LIBs. The country has no law defining collection and recycling targets for this type of waste. In this paper, we aimed to develop a methodology to evaluate different scenarios of EC penetration in Brazil until 2030, in order to, in the future, assess the effect of different management models on the flows of materials in the country. Main cathode and anode active materials were included in the assessment (Li, Co, Ni, Mn and graphite).

2. Methodology

2.1 Data collection and estimates (2020-2030)

Data of Brazilian fleet of automobiles and Brazilian population were collected, respectively, from the databases of Denatran [3] and UNSD [5], whereas the number of EC registered per year in the country was obtained from the annual report by ANFAVEA [2]. The fleet of EC per year () until 2019 was calculated, using the collected data and considering an average lifetime of automobiles equal to 10 years [6]. The number of cars per capita in Brazil for the years of 2020 to 2030 was estimated assuming the same growth rate of automobiles per capita observed for the past 22 years (Eq. 1). The total fleet of cars from 2020 to 2030 was then calculated by multiplying by the estimated Brazilian population on that year [5].

$$CPC(i) = 0.008531 * i - 16.95 \quad (1)$$

Where:

$CPC(i)$ = cars per capita in the year

The fleet of EC on the next decade was forecasted for different scenarios: scenario 1 (1% of the Brazilian fleet of cars will be electric by 2030), scenario 2 (4% of the Brazilian fleet of cars will be electric by 2030), and scenario 3 (10% of the Brazilian fleet of cars will be electric by 2030) [7][8]. For the calculation of the number of LIBs entering (new) and leaving (EOL) the market every year, it was assumed that the penetration rate of LIBs in EC increased from 70% in 2005 to 100% in 2020 (linear growth). Moreover, the lifetime of LIBs was considered to vary from 6 to 12 years (10% of LIBs have a lifetime of 6y, 40% 8y, 40% 10y and 10% 12y) [9].

2.2 Battery composition

Element composition of LIBs electrodes for each chemistry was based on data by Olivetti et al. [10]. An average battery capacity of 40 kWh was adopted. The variation on the market share of each battery chemistry over the years was described by Bobba et al. [9].

2.3 Computational tool

All collected data were inputted to Matlab R2020a, which was used for all calculations and predictions.

3. Results

3.1 Number of new and used lithium-ion batteries (LIBs)

Table 1 displays the expected fleet of EC in Brazil in 2030. According to the predictions, the number of EC in the Brazilian fleet in 2030 may surpass 8,000,000 units, for scenario 3. New LIBs put on the market on that year vary from 152,910 to 1,578,978, according to the technology penetration scenario. EOL LIBs may surpass 500,000 units for scenario 3 in 2030.

| Scenario | Fleet of EC (2030) | New LIBs put on the market (2030) | Used LIBs in 2030 |
|----------|--------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | 821,526 | 152,910 | 51,774 |
| 2 | 3,290,372 | 628,267 | 230,208 |
| 3 | 8,226,161 | 1,578,978 | 585,179 |

Tab. 1 – Predicted fleet of electric cars in Brazil in 2030 for scenarios 1, 2 and 3 and number of new and end-of-life lithium-ion batteries entering and leaving the market in 2030

3.2 Element input and output

The predicted demands for Ni and graphite in 2030 to supply the Brazilian market of automotive LIBs may vary from 2,008 to 21,377 tons and 3,558 to 37,902 tons, respectively, while the demands for Li and Co for the same market are higher than the Brazilian domestic production of such minerals (Table 2). Depending on the growth scenario (1, 2 or 3), the amount of Li and Co leaving the use phase in EOL LIBs may be as high as 479 and 735 tons, respectively.

| Element | Brazilian domestic production | Source | Demand (tons) (min - max) | Amount of material in used LIBs in 2030 (tons) (min – max) |
|----------|-------------------------------|--------|---------------------------|--|
| Li | 300 tons | [11] | 359 – 3,824 | 43 – 479 |
| Co | 185 tons | [12] | 516 – 5,514 | 66 – 735 |
| Ni | 74.4 ktons | [11] | 2,008 – 21,377 | 233 – 2,592 |
| Mn | 1.31 Mtons | [11] | 483 – 5,155 | 62 – 687 |
| Graphite | 95 ktons | [11] | 3,558 – 37,902 | 421 – 4,683 |

Tab. 2 – Brazilian production of Li, Co, Ni, Mn and graphite, predicted demand of such minerals for the market of lithium-ion batteries in 2030, and the amount of materials within LIBs available for recycling in 2030 (considering all scenarios in study)

3.3 Management models

Abovementioned results will be used to conduct material flow analysis (MFA) for different waste management models in Brazil. Post-use LIBs can be managed by either car dealers or dismantlers. Car dealers collect LIBs that need to be replaced during the use phase of vehicles. In this case, spent EOL LIBs are collected by car dealers and new LIBs are inserted in the cars, which go back to use phase. Dismantlers collect LIBs from EOL cars. Regarding the destination of LIBs collected by car dealers and dismantlers, three different possibilities will be analyzed in the future [9]:

- LIBs collected by car dealers and dismantlers are sent to recycling. No second use of batteries and no remanufacturing will be considered in this case.
- Part of EOL batteries are sent to second use in other applications by 2030 (repurposing) and the remaining collected LIBs go to recycling. No remanufacturing will be considered in this case.
- Part of EOL batteries are sent to second use in other applications (repurposing), all non-spent LIBs collected by dismantlers go to remanufacturing and the remaining collected LIBs are sent to recycling.

The lifetime of LIBs during second use will be considered as 8 years [1][13].

4. Conclusions

The expansion of the fleet of electric cars in Brazil may result in more than 8 million electric cars in circulation throughout the country in 2030. Until then, environmental laws defining collection rates of end-of-life lithium-ion batteries (EOL LIBs), associated with proper take-back systems, have to be put into force, in order to guarantee the most appropriate ways to manage this type of waste. More than half a million EOL LIBs may leave the use phase in Brazil in 2030, becoming available for repurposing, remanufacturing and/or recycling. Automotive LIBs recycling may also become a profitable activity in Brazil, considering that the amount of material leaving the use phase in EOL LIBs in 2030 represents a big share of Brazilian current production of Li, Co, Ni and graphite.

References

- [1] **IEA (2020)**. *Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?* <https://webstore.iea.org/download/direct/3007>
- [2] **ANFAVEA (2020)**. *Brazilian Automotive Industry Yearbook*. <http://www.anfavea.com.br/anoario2020/anoario.pdf>
- [3] **Denatran (2020)**. *Frota de Veículos*. <http://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html>
- [4] **Brazil (2018)**. *Law n° 13,755 of December 10, 2018*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Lei/L13755.htm
- [5] **UNSD (2020)**. *Total population, both sexes combined (thousands). Country: Brazil*. <http://data.un.org/Search.aspx?q=brazil>
- [6] **Sindipeças (2020)**. *Relatório da Frota Circulante*. https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2020/RelatorioFrotaCirculante_Abril_2020.pdf
- [7] **Bednarski C. (2019)**. *EPE: 1 milhão de elétricos e híbridos no Brasil em 2030*. Autodata. <https://www.autodata.com.br/noticias/2019/08/13/epe-1-milhao-de-eletricos-e-hibridos-no-brasil-em-2030-/29433/>
- [8] **FGV Energia (2017)**. *Electric Vehicles*. Cadernos FGV Energia, year 4, number 7, ISSN 2358-5277.
- [9] **Bobba S., Mathieux F., Blengini G.A. (2019)**. *How will second-use of batteries affect stocks and flows in the EU? A model for traction Li-ion batteries*. Resources, Conservation & Recycling 145:279-291.
- [10] **Olivetti E.A., Ceder G., Gaustad G.G., Fu X. (2017)**. *Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals*. Joule 1(2):229-243.
- [11] **USGS (2020)**. *Mineral Commodity Summaries 2020*: U.S. Geological Survey, 200 p.
- [12] **Brazilian National Mining Agency (2018)**. *Sumário Mineral: Cobalto*. <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/cobalto>
- [13] **Cutaia L., Chiavetta C., Porta P.L., Brunori C., Coronidi M., Creo C., Andriola L. (2017)**. *Mobilità elettrica sostenibile. Valutazione sostenibilità tecnologie. Scenari di recupero di materie prime e CRM dalle batterie per veicoli elettrici*.

Green Deal 2030 nasce il binomio (inedito) ecologia/ economia

Carlo d'Orta c.dorta@unilink.it¹
Università degli Studi "Link Campus University"

Abstract

Le strategie economiche e legislative promosse dalla governance dell'Unione europea e la crisi che si respira nel quotidiano sembrano compromettere anni di progressi economici e sociali ed evidenziare la presenza di carenze strutturali dovute, senza dubbio, all'assenza di una visione legislativa organica, programmatica e unitaria. Dette difficoltà potrebbero essere banalmente ovviate promuovendo interventi integrati funzionali nei singoli sistemi nazionali - seppur nel solco di un disegno strategico comune e condiviso -, nonché, adottando misure orientate alla creazione di un mercato unico, all'implementazione, doverosa, di misure ambientali di contrasto al fenomeno del cambiamento climatico e alla promozione dei valori di sostenibilità. Per non implodere il Continente europeo è chiamato a realizzare percorsi di new economy puntando alla riconversione dei settori produttivi imprenditoriali, all'implementazione di strategie di economia circolare e alla riorganizzazione (tanto auspicata) della legislazione ambientale vigente promuovendo principi solenni inediti e misure di sviluppo che possano garantire per gli Stati membri un'efficace transizione ecologica. Da questi presupposti è nata l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, un programma di azioni che intende perseguire per il prossimo decennio il raggiungimento di obiettivi (goals) di sviluppo sostenibile e, al contempo, dar supporto alla realizzazione del progetto riformistico ormai noto come European Green New Deal. In questo contesto il ruolo del giurista, in particolare del giurista comparatista, sembra essere determinante per scongiurare una continuità ostile con il passato e promuovere misure economiche, giuridiche, sociali e ambientali in linea con i propositi dell'Agenda. Il giurista dovrà farsi carico di valutare le performance dell'Agenda e cogliere eventuali criticità che potrebbero compromettere le fortune del Green Deal.

Summary

The Europe is going through a period of transformation. Some inadequate economic and legislative strategies and the crisis we live through on a daily basis have undermined years of economic and social progress, as well as structural shortcomings due to the absence of a unified European legislative and programmatic vision. These difficulties are found above all in the creation of a single market and the implementation of legislative measures to protect the environment, in particular the phenomenon of combating climate change and promoting the principles of sustainability. The European continent must look ahead and introduce new economy policies based on the reconversion of the productive entrepreneurial sectors by adopting strategies of circular economy and not be afraid to reform the environmental legislation currently in force. It must

¹ Ricercatore di Diritto privato; Professore Associato abilitato di Diritto comparato; Componente comitato scientifico Fondazione UniVerde.

also introduce new principles and rules valid for all states that guarantee an effective ecological transition for all Member States with the mere intention of looking to the future with serenity. In order to achieve this, the Agenda 2030 was born, an agreement between states that requires the achievement of objectives based on the values of sustainability by the year 2030. So, the Agenda 2030 has become the benchmark on which the European Green New Deal project is based, the green reform entirely inspired by environmental issues and the need to innovate national legislation. In this new context the role of the jurist, in particular the comparative jurist, seems to be fundamental to avoid a negative continuity with the past and to promote economic, legal, social and environmental measures in line with the Agenda's aims. In addition, the jurist will have to assess the performance and impact of the Agenda in the legal systems of the signatory countries and to capture any critical issues that may compromise the success of the Green Deal.

Premessa

L'Europa vive un'età di profonde trasformazioni. Le lesioni inferte all'economia effetto della crisi deflagrata nella prima decade del secolo scorso avrebbero sollecitato a ricercare rimedi e soluzioni ed è rispetto a questo sfondo che vanno intese le strategie approntate per innalzare il livello delle risposte aperta una stagione di razionalità dell'economia e curate nuove interazioni di governamentalità ed economia. Le complessità rilevate andavano superate connettendo a una logica progettuale che provvedesse alla sistemazione della *governance* e promuovendo un disegno strategico integrato teso a valorizzare il mercato unico, politiche commerciali comuni, l'implementazione di misure ambientali di contrasto ai fenomeni di cambiamento climatico, la promozione di iniziative di sviluppo sostenibile.

Per l'Europa sarebbe venuto il tempo di orientare le scelte e disegnare il futuro. Se giusto e lungimirante è che il vecchio continente coltivi aspirazioni di *leadership* in settori cruciali della *new economy* sarebbe occorso puntare, tra i settori sensibili, specificamente alle tematiche ambientali, impegnare gli sforzi comuni al fine di incentivare l'utilizzo delle risorse energetiche - si pensi alle fonti fossili -, riconvertire i settori produttivi applicando strategie di economia circolare, intervenire sulla strumentazione giuridica ottimizzando gli interventi sul piano del diritto positivo assicurando il varo di riforme di lungo periodo ma percorsi che garantissero la transizione². Presupposti che avrebbero indotto a impostare le direttrici dei sistemi nazionali dell'Unione in conformità delle previsioni dell'*'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile'* formante normativo, inteso dalle Nazioni Unite, restitutivo delle linee del *Green deal* che, per gli aspetti operativi, prevede entro l'anno 2030 il conseguimento di obiettivi di sviluppo sostenibile. L'Agenda 2030, ordinata in 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs), illustrativa di 169 traguardi, pone un novero di principi che obbligano gli Stati firmatari a proseguire il percorso tracciato dai *Millennium Development Goals* (MDGs) promuovendo misure di implementazione della sostenibilità ambientale³. Le coordinate di lettura appaiono chiare intendendosi

² La domanda di sicurezza nelle relazioni internazionali è connaturata alla struttura anarchica dei rapporti tra Stati, nei quali l'uso della violenza, della coercizione e della minaccia sono strumenti finalizzati all'imposizione di un equilibrio altrimenti assente. Raymond Aron la definì come "il primo degli obiettivi immutabili di una unità politica e fondamentale aspirazione per la sopravvivenza" (R. ARON, *Paix et guerre entre les nations*, Calmann-Lévy, Parigi, 1962, ed. 2004, pp. 82-83).

³ Il concetto di sostenibilità proprio delle scienze ambientali ed economiche corrisponde, nella sostanza, a una dimensione assiologica che sostiene i rapporti di ambiente, natura, futuro: sviluppo sostenibile è modalità di sviluppo economico coerente alla salvaguardia dell'ambiente a tutela dell'attuale generazione, altresì, delle generazioni future tradotta in economia sostenibile, economia verde. Di talché, la sostenibilità si coniuga al miglioramento della qualità della vita, alla modifica degli stili di vita, alla riconversione delle fonti energetiche, alle tecnologie migliorative applicate alla quotidianità e adatta a realizzare i bisogni umani preservando gli equilibri con l'eco-sistema. Questo induce a superare il concetto atavico di benessere stretto nelle morsa della ricchezza e della sola crescita economica e pregiare il concetto di benessere ambientale, sociale ed economico delle comunità secondo esigenze e aspettative transgenerazionali fondate prevalentemente su interazioni culturali diacroniche estese nel tempo storico.

offrire, con questo strumento, risposte esaurienti alle istanze di preservazione dell'ambiente introducendo rimedi di *ambientalismo maturo* e di salvaguardia dello spazio terrestre sinergici a prospettive di crescita. Visuale a cui avrebbe aderito la Commissione europea, decisa a percorrere itinerari analoghi, avvertita circa le notevoli potenzialità di quel progetto a valenza globale proteso a esplorare nuovi territori di sostenibilità ambientale, interessata a promuovere ideali sani come la *resilienza sostenibile*, a incentivare una progettualità che utilmente promuovesse iniziative di sostegno ai cinque parametri-*standard* dell'ambientalismo: *proteggere, promuovere, prevenire, preparare, trasformare*. Si osserva l'avvio di una stagione di riforme che conferma e legittima l'approccio olistico, condiviso e integrato, alle tematiche ambientali e si prevede che in un prossimo futuro possa misurarsi in positivo l'impatto dei 17 *SDGs* sulle legislazioni nazionali. Materia per il giurista comparatista occorrendo, da un lato, rilevare gli elementi di discontinuità rispetto alle precedenti impostazioni economiche, giuridiche, sociali e in materia ambientale tra i Paesi aderenti⁴, dall'altro, accertare l'attuazione delle direttive dell'Agenda e valutare le ricadute nei sistemi ordinamentali dei Paesi membri. Complicano le analisi elementi incerti, imponderabili, stretti all'attualità, altresì, di prospettiva: i numerosi crittotipi, l'inadeguatezza delle forme giuridiche, non da meno, le ambascie per un futuro che potrebbe ancora riservare instabilità economica e insorge una fondata preoccupazione rilevata da vari osservatori, al di là delle progettualità approntate e dei buoni propositi, circa l'attuale momento di stasi e di apatia che vive l'Europa. Incamminatosi lungo percorsi di modernizzazione il vecchio continente resta imbrigliato nella rete dei reciproci divieti e delle difficoltà di integrazione stentando a produrre *communitas*.

L'anno 2019 ha coinciso con iniziative e *convention* internazionali in materia ambientale occasioni di confronto di idee e progettualità segno di un anelito della comunità delle nazioni a un impegno per il miglioramento effettivo dello stato dell'ambiente. E lo sforzo di promuovere occasioni di rilancio del settore vede attualmente coinvolti i Paesi europei, e l'Italia, *game changers* operando da *campioni mondiali di sviluppo sostenibile*⁵ e protesi a conseguire risultati nel medio-lungo periodo risolvendo la continuità con politiche vetero-ambientaliste di poco esito incentrate esclusivamente su pianificazioni industriali. La competitività dell'Italia nel settore ambientale viene riposta nell'ampio piano di misure e di interventi nel solco tracciato dai *Target* dell'Agenda 2030 e forte e chiaro è il segnale restituito dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri determinato il Governo a sostenere il progetto di costituzionalizzazione del principio di sviluppo sostenibile elevando alla più alta soglia di giuridicità ribadito che la tutela dell'ambiente occorre si saldi al principio di sviluppo sostenibile. Parte di questi obiettivi trovano accoglienza in sede legislativa. La legge n. 221/2015 (*Collegato ambientale*) - redatta dalle Commissioni VIII (*Ambiente*) e X (*Attività produttive*) della Camera dei Deputati - introduce strategie di *green economy* e meccanismi utili a implementare la produzione agricola e favorire gli investimenti nel settore agro-alimentare. A corollario un novero di disposizioni pensate a tutela della natura e dello sviluppo sostenibile, dei settori energetici, degli acquisti verdi, della gestione dei rifiuti, delle bonifiche, della difesa del suolo e delle risorse idriche, nonché di monitoraggio delle condizioni di salute dell'ambiente marino. Le cure del legislatore dovranno ancora concentrarsi su modelli di sviluppo performanti

⁴ L'Unione Europea appare determinata ad adoperarsi per la promozione di modelli di innovazione eco-sostenibile, garantire tutela normativa, ingegnare strategie green economy nella prospettiva della diffusione di un' "economia che può garantire la crescita e lo sviluppo, migliorare il benessere, fornendo posti di lavoro dignitosi, ridurre le disuguaglianze, combattere la povertà e preservare il capitale naturale da cui tutti dipendiamo. Tale economia offre un modo efficace per promuovere lo sviluppo sostenibile". La *green economy* divenire garanzia di sviluppo sostenibile, tutela dell'ambiente, incentivazione di attività economiche *green* ed investimenti mirati. In argomento cfr. il lavoro a più mani di M. LIU MANHONG - D. NESS HUANG HAIFENG, in *Green economy and its implementation in China*, Singapore, 2011, pp.92-98.

⁵ Tema della *Convention* di apertura del *Festival italiano dello Sviluppo Sostenibile* organizzato dall'ASVIS nel 2019.

e il rinvenimento di strumenti di contrasto ai fenomeni di emergenza climatica accresciute le generali consapevolezze circa l'elevata criticità in cui versa attualmente l'ambiente. Il giurista sarà tenuto a offrire apporto ermeneutico, cogliere le criticità, contribuire ad approntare una strumentazione confacente e risolutiva. Ogni sforzo profuso, ogni concertazione, essenziale a inaugurare la nuova stagione del *Green Deal* nazionale.

1. Climate law: dalla Conferenza di Rio de Janeiro, al summit di Johannesburg Origine ed evoluzione del diritto ambientale

Le riflessioni in premessa confermano come il tasso crescente di inquinamento, connesso al ricorrere di disastri ecologici, abbia prodotto effetti nefasti sulle economie falsando gli indici di sviluppo. Patologie ambientali la cui disastrosità avrebbe indotto la Comunità internazionale a occuparsi con crescente attenzione, nell'ultimo trentennio, di fenomeni prima colpevolmente ritenuti marginali e ora alla ribalta della scena⁶, così, nel corso di questi ultimi decenni si sarebbe pervenuti alla decisione, in ambito sovranazionale, di rinunciare ad azioni *end-of-pipe* con effetti *a posteriori* e consentire misure preventive performanti garantendo il miglioramento del rapporto individuo-ambiente. Si sarebbero varate Convenzioni multilaterali e stipulati Accordi internazionali⁷. Nei primi anni '70 la tutela ambientale conquista una decisa centralità nel dibattito delle idee tematica-fulcro dei lavori della Conferenza delle Nazioni Unite organizzata a Stoccolma (UNCHE - *United Nations Conference on Human Environment*) la questione della protezione dell'ambiente consacrata come priorità in senso latitudinale prevedendosi obblighi diffusi in capo ai cittadini, le imprese, le istituzioni. Un *trend* insistito negli anni Ottanta cumulate le varie energie occorrenti alla delineazione di un sistema improntato a principi di economia *green* rispondente a un linguaggio universalistico dei diritti, a istanze sempre più articolate e diffuse, verificandosi in concreto che quanto veniva ritenuto, sino a un certo momento, 'diritto internazionale generale' diveniva, ora, il terreno adatto a settori specializzati del diritto come, appunto, il diritto dell'ambiente. Un'ulteriore tendenza propositiva in materia ambientale cade negli anni '90 quando la materia ambientale verrà rilanciata nel corso dei lavori della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e Sviluppo organizzata a Rio de Janeiro UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*) del 1992 ove si intese delineare una rete di connessioni tra ambiente e sviluppo sostenibile, al contempo, introducendo misure di cooperazione tra le nazioni che evitassero spiacevoli ma dannose discriminazioni tra il Sud e il Nord del mondo. Gli obiettivi UNCED si sintetizzano nella locuzione "*Think globally, act locally*"⁸ e il summit di Rio avrebbe stigmatizzato il superamento del dualismo 'sviluppo economico-tutela ambientale' legittimando il principio di 'sviluppo sostenibile', oltre i modelli abusati, come assunto universale a illustrazione del nesso tra ragioni di tutela dell'ambiente e ragioni sottese a uno sviluppo possibile in termini di tollerabilità consentendo alle singole nazioni di valorizzare attitudini autoctone di contrasto alle problematiche ambientali - ef-

⁶ Si rimanda allo studio di P. GISFREDI, *Ambiente e sviluppo. Analisi di una controversia irriducibile*, Milano, 2002, *passim*.

⁷ Il binomio persona-ambiente è tema esaminato dalla dottrina sociale della Chiesa. Nell'Enciclica «*Laudato Si*» risiede la forza della secolare etica cattolica espressa nei reiterati richiami al Cantico di Francesco d'Assisi esempio della cura per ciò che è debole e di una ecologia integrale vissuta con gioia: rilevano questioni etiche che attendono al rapporto dell'uomo con la natura e con l'ambiente invocata un'economia globale di sopravvivenza. Su questi assunti poggia tanto pensiero Si richiamano, *praecipue*, gli studi di V. R. POTTER, *Bioethics Bridge to the Future*, Englewoods, 1971, *passim*, che osserva che "*l'etica umana non può essere separata da una comprensione realistica dell'ecologia in senso più ampio*", e di H. JONAS, *Il principio 'Responsabilità'. Un'etica per la civiltà tecnologica*, tr. It. Torino, 1997, *passim*.

⁸ La paternità dello slogan "*Pensare globalmente, agire localmente*" viene attribuita al biologo Rene Dubos che nel lavoro avente a tema le problematiche ambientali (B. WARD - R. DUBOS, *Una sola terra*, trad. it. di G. Barbè Borsisio - E. Capriolo, Milano, 1972) sottolineava la necessità di affrontare le questioni tenendo conto dei "*contesti specifici fisici, climatici e culturali*".

fetto di *capacity-building* - e il varo di un sistema economico integrato. Fatto è che il *meeting UNCED* viene evocato per scarso pragmatismo, proclami e petizioni di principio, ricorso a clausole di *soft law*, scarsa concretezza delle disposizioni carenti di forza vincolanti e ben poco cogenti⁹. Sarebbe seguita la Conferenza di Kyoto del 1997 e il celebre *Protocollo di attuazione* improntati ai temi del cambiamento climatico che avrebbe tracciato, negli intenti degli organizzatori, percorsi economici e giuridici protesi a favorire gli accordi transfrontalieri tra 'Paesi sviluppati' e 'Paesi in via transizione' - tra questi i Paesi dell'est europeo e la metodologia operativa condivisa imponeva il bilanciamento dei vari strumenti *joint implementation, emission trading, clean development mechanism* dalla cui proficua combinazione sarebbero derivati crediti a beneficio degli Stati sottoscrittori a sostegno di investimenti in progetti di riduzione delle emissioni nei Paesi in via di sviluppo ma cooperazioni tra i Paesi industrializzati. Propositi ribaditi in sede di Conclusioni dei lavori richiamati i doveri delle nazioni firmatarie di agire concordemente per comuni necessità, assumere ogni risoluzione utile e necessaria per tutelare il pianeta, promuovere lo sviluppo umano favorendo "processi onnicomprensivi, che coinvolgano tutti i maggiori gruppi e governi che hanno partecipato al Summit". L'*excursus* prospettato inerente agli incontri inter-nazionali, alle negoziazioni e agli accordi, ma agli esiti prodotti in positivo e in negativo, infine, l'intero sforzo di costruzione di una progettualità universalistica in materia ambientale coerente e condivisa nel circuito delle nazioni avrebbe costituito un portato di tale ampiezza tale da legittimare un assetto giuridico definito a buon titolo '*Climate Law*' esito della intersecazione della materia internazionalistica col diritto e il metodo comparato. Prodotto di lunga sedimentazione germina negli assunti tecnici il *Climate Law* nella Conferenza di Rio, rinviene essenzialità di riscontri nell'Accordo di Parigi del 2015, costituisce il sotteso dell'Agenda 2030.

2. Green bond: investimenti per lo Sviluppo sostenibile

Tralasciando le valutazioni di metodo e soffermandoci sulla necessità di offrire occasioni per il *Financing for Development* nel segno di una riconversione *green* dell'economia europea sembra opportuno considerare il ruolo - sempre crescente - svolto nel mercato obbligazionario dai *green bond*. I Paesi Bassi e i Paesi arabi avrebbero sostenuto più di altri questo mercato con l'obiettivo dichiarato di sostenere i finanziamenti a copertura di una miriade di progetti *green* e attuare strategie verdi ed infatti proprio Dubai nel conseguire propri interessi strategici avrebbe investito in obbligazioni *green* pari all'importo di 3 miliardi di dollari destinati all'attuazione del progetto *Noor Energy* - questa al momento sembra essere la più cospicua emissione persino per un Paese dell'area medio-orientale. Si registra così un *trend* positivo poiché dall'avvio del mercato dei *green bond*, sino ad oggi, le banche di sviluppo, le società finanziarie e non avrebbero emesso una somma totale pari a circa 150 miliardi di dollari di obbligazioni accollandosi un potente carico estraneo ai Governi indietro rispetto a questi *trend*. La sola Banca Europea per gli Investimenti, istituto di massima erogazione continen-

⁹ La *soft law* si traduce in una varietà di produzione documentale a base scientifica espressa in circolari, linee guida, direttive, orientamenti, raccomandazioni, codici di condotta, modelli di metodi e di processi, schemi di atti e contratti, raccolte di buone pratiche; e ancora, FAQs, dichiarazioni d'intenti, lettere, annunci e dichiarazioni alla stampa, regole non scritte e persino meri comportamenti supportati da autorevolezza. Trattasi di normatività non riconducibile ai confini del diritto tradizionale - *le droit est plus grand que la règle de droit* - tradotta in forme e pregnanze diverse e ulteriori, certo minimali, rispetto alla sedimentata rappresentazione del sistema delle fonti (cfr., in tal senso, P. WEIL, *Vers une normativité relative en droit international?* in *Revue générale de droit international public*, 1982). L'attrazione esercitata dalla *soft law* deve allora valutarsi in funzione della contrapposizione con la *hard law*, la rigidità delle fonti canoniche del diritto, e sono al riguardo pregevoli riflessioni offerte da P. WEIL, *Vers une normativité relative en droit international?* In *Revue générale de droit international public*, 1982, *passim*, secondo il quale la *soft law* attiene a principi di comportamento giuridicamente non vincolanti sul piano giuridico e solo di approssimato rilievo giuridico.

tale coinvolta attivamente nella promozione dell'economia verde - con 33 miliardi di dollari emessi e finalizzati a sostegno di progetti di riduzione delle alterazioni climatiche -, si sarebbe ritratta da interventi che denegassero la *mission* finanziaria a sostegno delle emissioni verdi e con deliberazione dello scorso novembre 2019 progettava di interrompere del tutto, a partire dal 2022, i finanziamenti destinati ad attività industriali che ancora facessero uso di carburanti fossili: una determinazione rigida a cui la BEI avrebbe fatto onore destinando, sino all'anno 2025, metà degli investimenti totali a progetti *green* e inerenti al clima. Un contesto fluido, non del tutto definito, in quanto i *green bond* concepiti in origine come strumenti per drenare capitale destinato a specifiche attività pro-clima non costituiscono prodotti di finanziamento a sostegno di iniziative tese all'abbattimento delle dannosità ambientali. E non solo: al di là dei *green bond* i progetti finalizzati alla 'transizione' da un'economia sporca a un'economia verde vengono usualmente sostenuti da cosiddetti *transition bond*, sorta di *passe-partout*, utilizzati dalle imprese che si prefiggono di impostare strategie verdi di riconversione aziendale. In definitiva, *green bond* e *transition bond* attengono al tipo di strumentazione finanziaria che suppone un impegno delle società emittenti *bond* che ricorrono al mercato finanziario per drenare necessarie risorse da destinare a progetti di riconversione. Entro la stessa cornice vanno inquadrati i *Sustainability linked bond* che non presentano specifiche clausole di utilizzo dei capitali ma, utilizzando questi, si rende possibile perseguire *target* sociali e/o ambientali al cui conseguimento è astretto il costo del finanziamento. Sensibili a queste logiche, e a queste modalità di finanziamento, i Paesi europei e il vecchio continente si situa in avanti dispiegando una *leadership* e accrescendo in autorevolezza, nel corso dell'anno 2020, potendosi a giusto titolo parlare di un *Green New Deal* europeo instaurate condizioni per una tassonomia valoriale, propriamente europea, che attenga alla materia degli investimenti sostenibili. Altresì, tassonomia che descrive regole nomenclaturali e tecniche di utilizzo dei prodotti finanziari e delle tipologie di investimenti ed è in questa direzione che piegano le strategie *green* messe a punto dalla Commissione Europea e sottoposte alla disamina dell'approvazione del Parlamento. A queste linee si asseverano i recenti *standard "climate benchmarks"* che introducono due inediti indici europei: il *Paris-aligned benchmark* (PAB) e il *Climate Transition benchmark* (CTB) che, rispettivamente, fissano i livelli di decarbonizzazione rispetto a soglie di guardia del 50% e del 30% ed è a questi parametri che si rapporta il disegno europeo di recupero ambientale: indici fissi, non alterabili, rispetto a cui esemplare le *performances* ambientali. Va ancora considerato che la veicolazione delle informazioni circa gli investimenti *green* utilizza canali comunicativi che occorre si conformino a regole di trasparenza e correttezza accrescendo il grado di attendibilità dei prodotti finanziari e superando eventuali dubbi di potenziali investitori circa il tasso ecologico dei prodotti commerciati. Trattasi del cosiddetto risultato di 'reputazione' conseguente agli esiti di una 'verifica verde' domandata a valutatori esterni ed è metodica che offre le migliori garanzie in termini di attendibilità ecologica dei prodotti finanziari *green* bene intendendosi il perché gli interessi maturati dalle 'obbligazioni *green*' siano mediamente superiori a quelli offerti dalle 'obbligazioni *brown*': gli indici di differenza attengono all'entità dell'esposizione ai rischi prodotti dalla pratica *greenwashing* per le obbligazioni emesse da emittenti privati e pubblici - *greenwashing* indica strategie di comunicazione praticate da imprese private, altresì, da organizzazioni e istituzioni pubbliche motivate a confezionare un'immagine positiva, e tuttavia ingannevole, sotto il profilo dell'impatto ambientale - mancanti del corredo della verifica *green* svolta da strutture terze specializzate.

Spontaneo chiedersi perché i *green bond* siano decisivi per la realizzazione di obiettivi di crescita sostenibile e la risposta è nel pregio di tali obbligazioni verdi prodotti finanziari a sostegno di investimenti a lungo termine sostenere e idonei a sostanziali mutazioni dell'economia. Infine, titoli di debito strettamente asseverati al finanziamento di progetti che presentino

ricadute ambientali ed è possibile cogliere i caratteri che differenziano *green bond* e *brown bond* pertanto, rispetto alle obbligazioni tradizionali, occorrerà: 1) provvedere alla selezione del progetto da finanziare o rifinanziare; 2) vincolare i proventi al progetto selezionato e depositare gli importi su conti vincolati o trasferiti in un portafoglio specifico o tracciato dall'emittente; 3) approntare almeno una volta all'anno rendicontazione circa l'utilizzo dei proventi indicando i progetti per i quali gli stessi proventi vengono utilizzati; 4) sottoporre i prodotti a verifica affinché se ne appuri l'indice ecologico, indice *green*, da parte di apposite strutture specializzate.

La sfida vera è che si possa congegnare una progettualità che legittimi, in futuro non remoto, condizioni di stabile sicurezza ambientale. Non vi è solo da occuparsi del tempo presente ma operare per estendere una cultura della 'corresponsabilità' che esiga assunzione di impegni da parte di questa generazione affinché si riesca, se non ad arrestare, almeno a rallentare i processi di decadimento ambientale accreditando meriti presso le generazioni a venire. L'etica generale in cui si iscrive questo percorso è descritta con forte suggestione da Nikolas Rose: agire con *"un'etica nella quale la massimizzazione degli stili di vita, delle risorse potenziali, della salute, della qualità della vita è diventata quasi obbligatoria, e nella quale i giudizi negativi riguardano colore che, per qualunque ragione, non vogliono adottare una relazione attiva, informata, positiva e prudente con il futuro"*¹⁰.

3. Conclusioni

Il coordinamento di politiche di tutela che coniughino il progresso umano, inarrestabile e incontenibile, alla necessità di preservare i 'beni di natura' lungo percorsi di sostenibilità ambientale costituisce odiernamente volano di dibattiti, fulcro di proposte e sollecita soluzioni raccolte nel *Green New Deal* che connota una stagione di consapevolezze conseguite e di iniziative e progettualità nel verso di una *soft economy* coerente a logiche di 'salvezza' dell'ambiente, tuttavia, che non ledano connaturate aspirazioni di avanzamento umano. Si addice a questa logica la riconversione delle fonti energetiche rivelatesi nocive e la dismissione di pratiche inquinanti, al tempo stesso, la promozione di una progettualità nel segno dell'economia verde, economia sana, economia responsabile e sostenibile.

La legge di Bilancio italiana del 2020 si pone nell'abbrivio. Realizza i motivi richiamati di valorizzazione ambientale e sostenibilità economica approntando uno strumentario economico e giuridico confacente alle questioni, testimonianza di un avanzamento dell'ambientalismo nazionale, aprendo a una progettualità a supporto di iniziative ecologiche coerenti a direttrici generali, coerentemente avvertite nella latitudine globale, segno di ripensamenti del modo di essere e funzionare dell'economia e della finanza. Imponente lo sforzo dello Stato, la profusione di impegno innanzi tutto economico destinato a investimenti verdi, e si assiste a un accrescere di sensibilità prestata ai temi economici e all'attendibilità di un'etica in economia: alle ideologie mercatiste del *mainstream* economico l'economia verde oppone il recupero di valori sensibili umani e naturali, valori che fendono le generazioni. Nuove condizioni pregiano i concetti di bene comune, meglio sarebbe dire bene totale, e le ragioni ambientaliste inducono a una ridefinizione concettuale: volgere cura al bene comune è intendere il rapporto con il bene intrattenuto dall'individuo, se pure prescindendo dalla stretta individualità, così che l'utilizzo individuale del bene comune si coniughi all'utilità che gli altri traggono dall'utilizzo del medesimo bene, diversamente, il rapporto intrattenuto con il bene si rende totalizzante caratterizzato da esaustività.

Progettualità *green* è condividere un'opzione strategica: investire oggi per preservare il domani.

10 N. ROSE, *The Politics of Life Itself. Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2007, p. 25.

La rilevanza del tempo non è indifferente e l'impegno di questa generazione è tutelare e custodire l'ambiente a beneficio anche delle future generazioni e al contempo garantire pari opportunità di vita al presente. Si gioca su questo scacchiere la questione ambientale e del progresso sostenibile avvertendo la sensazione che si sia costruttori di futuro: legittimo chiedersi 'quanto conta il presente' ma 'quanto conta il futuro'.

Bibliografia

- R. ARON, *Paix et guerre entre les nations*, Calmann-Levy, Parigi, 1962, ed. 2004, pp. 82-83;
- M. LIU MANHONG - D. NESS HUANG HAIFENG, in *Green economy and its implementation in China*, Singapore, 2011, pp.92-98;
- P. GISFREDI, *Ambiente e sviluppo. Analisi di una controversia irriducibile*, Milano, 2002;
- V. R. POTTER, *Bioethics Bridge to the Future*, Englewoods, 1971;
- H. JONAS, *Il principio 'Responsabilità'. Un'etica per la civiltà tecnologica*, tr. It. Torino, 1997;
- B. WARD – R. DUBOS, *Una sola terra*, trad. it. di G. Barbè Borsisio - E. Capriolo, Milano, 1972;
- P. WEIL, *Vers une normativité relative en droit international?* In *Revue générale de droit international public*, 1982;
- N. ROSE, *The Politics of Life Itself. Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2007, p. 25.

La prevenzione della produzione dei rifiuti: analisi comparativa della sostenibilità degli imballaggi in plastica di alcuni prodotti

Marta Giovanna Geranzani martagiovanna.geranzani@comune.roma.it, Laura D'Aprile (Roma Capitale, Dip. Tutela Ambientale, Direzione Rifiuti, Risanamenti e Inquinamenti - Roma), Maurizio Del Monte, Ilaria Bertoldi, Nicoletta Girardi, Chiara Leti, Marco Loperfido, Martina Madau, Marta Tosetto (Università di Roma "La Sapienza", facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dipartimento di Biologia Ambientale - Roma)

Abstract

Lo studio ha misurato l'efficacia e l'importanza dell'utilizzo dell'acqua distribuita dalla rete pubblica e dei prodotti alla spina attraverso la quantificazione della plastica non prodotta qualora i consumatori optassero per scelte sostenibili in fase di acquisto. Considerando alcuni prodotti per la cura della persona (shampoo, bagnoschiuma, sapone intimo e liquido), della casa (detersivi per piatti, pavimenti, sanitari e bucato) e il consumo di acqua in bottiglia, si è proceduto con la valutazione comparativa del loro acquisto in imballaggi tradizionali, in ricarica e alla spina, per determinare la mancata produzione di plastica derivante dalla scelta di questi ultimi due rispetto ai primi da parte dei consumatori, con un focus anche sui costi. Considerando una realtà urbana come quella di Roma, lo studio dimostra che se tutte le famiglie utilizzassero, per i prodotti analizzati, imballaggi con ricariche, o acquistassero alla spina, e se optassero per l'acqua di rete, la produzione dei rifiuti in plastica della città potrebbe diminuire di oltre il 70%.

Summary

The study measures the effectiveness and the importance of the use of public-network-distributed water and of products on tap through the quantification of non-produced plastic if consumers opt for sustainable choices during the purchase phase. By examining consumption of bottled water and of some personal care (shampoo, shower gel, intimate and liquid soap) and household products (washing-up liquid, floor, sanitary and laundry detergents), we proceeded with the comparative evaluation of their purchase in traditional packaging, in refill and on tap, in order to determine the lack of plastic production resulting from the consumer preferred choice of the latter two over the former, with a focus also on costs. The study shows that, for the scope of the analysed products, considering an urban reality such as Rome, the production of plastic waste from cities could decrease by more than 70% if all families use refilled or on-tap products and if they opted for mains water.

1.Introduzione

La plastica è uno dei polimeri più ampiamente utilizzati a livello globale, grazie anche alle proprietà uniche e ai suoi costi ridotti. Molta di questa viene impiegata nella realizzazione

di imballaggi di molteplici tipi di merci. La sua gestione sostenibile diviene imprescindibile e con essa la prevenzione della sua produzione, soprattutto quella derivante appunto dagli imballaggi.

Il Parlamento Europeo in data 27 marzo 2019 ha ratificato in via definitiva la *Direttiva* 2019/904 *Single Use Plastics*, per limitare la commercializzazione di alcuni prodotti di plastica monouso. Tale Direttiva stabilisce inoltre che gli Stati membri dovranno adottare, entro il 2025, le misure necessarie alla raccolta differenziata degli altri prodotti in plastica monouso.

Il contributo dei cittadini per il raggiungimento di questi obiettivi è di fondamentale importanza e occorre dare concretezza alla loro possibilità di azione, quantificando il potenziale dei loro comportamenti in fase di acquisto e consumo.

2. Materiali e metodi

Il presente studio ha operato una valutazione comparativa fra alcuni prodotti per l'igiene personale e per la cura della casa, confezionati in imballaggi tradizionali, in formati a ricarica e senza imballaggi (alla spina o solidi), per determinare la mancata produzione di rifiuto plastico derivante dalla scelta degli ultimi due rispetto ai primi, con un focus anche sui costi e sul risparmio derivante. Lo studio ha analizzato anche il consumo di acqua in bottiglia.

Una ricerca preliminare ha stabilito le abitudini di una famiglia standard [1] in relazione all'acquisto dei prodotti analizzati [2] e al consumo dell'acqua. Successivamente, utilizzando riferimenti disponibili in rete, sono stati confrontati i prezzi dei prodotti presi in considerazione [3]. Per ciascun prodotto è stata effettuata una media tra il prezzo del più costoso (prodotto di marca), il prezzo di fascia media e il prezzo più economico (prodotto sottomarca). Questo procedimento è stato ripetuto anche per i prodotti venduti sfusi e per quelli venduti come ricariche.

È stato poi calcolato il quantitativo di plastica prodotta in relazione alle tre opzioni citate. Utilizzando i dati della città di Roma sulla produzione dei rifiuti [4], è stato possibile calcolare le quantità di plastica non prodotta qualora la popolazione di tale realtà adottasse la seconda o la terza "scelta ecologica".

Per l'acqua, è stato calcolato il consumo medio annuale di acqua per una persona, basato sul consumo giornaliero consigliato [5]. Sono stati analizzati tre scenari possibili: il solo uso di acqua in bottiglia, il solo uso di acqua di rubinetto e l'uso combinato di acqua in bottiglia e acqua di rubinetto. Per determinare il prezzo dell'acqua del rubinetto invece è stata analizzata una bolletta [6] calcolando il costo solo dell'acqua consumata per bere e non quella per uso domestico.

Per quanto concerne i prodotti per la cura della casa, sono stati considerati quattro prodotti: detersivo per piatti, detersivo per pavimenti, detersivo per sanitari e detersivo per il bucato.

Per la cura della persona, invece, sono stati utilizzati shampoo, bagnoschiuma, sapone intimo e sapone liquido.

3 Dati raccolti

3.1 Acqua

Dopo aver calcolato il consumo annuo per persona di acqua da bere, pari a 547,5l, è stato ottenuto il consumo annuale di acqua per famiglia. Il costo annuo di bottiglie di plastica è di 552€, mentre il costo dell'acqua di rubinetto, utilizzata al solo scopo alimentare, è di soli 1,80€.

3.2 Prodotti per la cura della casa

L'analisi dell'utilizzo dei prodotti presi in considerazione per un campione di popolazione, ha portato ad un calcolo del loro consumo medio mensile, come segue:

- per il detersivo per i piatti abbiamo il consumo di una confezione (da 1,5l) al mese per un costo di circa 3€. Considerando, invece, la ricarica, essa è disponibile in confezioni da 2l con costo medio di 2€. Infine, per i prodotti sfusi abbiamo la variante solida di 220g e durata minima di sei mesi, con costo di circa 5€ e la variante alla spina con un costo di circa 0,85€/l.
- per il detersivo per i pavimenti abbiamo il consumo di una confezione (da 1l) al mese per un costo di circa 2€. Considerando, invece, la ricarica, abbiamo confezioni da 5l con costo medio di 12€. I prodotti sfusi sono poco diffusi e la variante alla spina con un costo di circa 0,90€/l.
- per il detersivo per i sanitari abbiamo il consumo di una confezione (da 750ml) al mese per un costo di circa 3€. La ricarica è poco diffusa. Infine, per i prodotti sfusi la variante solida è poco diffusa e la variante alla spina ha con un costo di circa 1,90€/l.
- per il detersivo per il bucato abbiamo il consumo medio è di 800 ml al mese in una confezione da 1,5l, per un costo di circa 5€. Considerando, invece, la ricarica abbiamo confezioni da 1,5l con costo medio di 3,50€. Infine, per i prodotti sfusi la variante solida è poco diffusa e la variante alla spina ha un costo di circa 1,5€/l.

3.3 Prodotti per la cura della persona

L'analisi dell'utilizzo dei prodotti presi in considerazione per un campione di popolazione, ha portato ad un calcolo del loro consumo medio mensile, come segue:

- 1) per lo shampoo abbiamo il consumo di 750ml equivalenti a tre confezioni (da 250ml) al mese per un costo di circa 3€. La ricarica è poco diffusa. Per i prodotti sfusi abbiamo la variante solida di 1000g (max 80 lavaggi), con costo di circa 5€ e la variante alla spina con un costo di circa 3€/l.
- 2) per il bagnoschiuma abbiamo il consumo di una confezione (da 2l) al mese per un costo di circa 3,50€. Considerando, invece, la ricarica abbiamo confezioni da 2l con costo medio di 2,50€. Infine, per i prodotti sfusi abbiamo la variante solida di 200g e durata minima di tre mesi, con costo di circa 12€ e la variante alla spina con un costo di circa 1,90€/l.
- 3) per il sapone intimo abbiamo il consumo 500ml equivalenti a due confezioni (da 250ml) al mese per un costo di circa 2,50€. Considerando, invece, la ricarica abbiamo confezioni da 2l con costo medio di 7,50€. Infine, per i prodotti sfusi abbiamo la variante solida di 100g e durata minima di due mesi, con costo di circa 3€ e la variante alla spina con un costo di circa 6€/l.
- 4) per il sapone generico abbiamo il consumo di 1l equivalente a quattro confezioni (da 250ml) al mese per un costo di circa 2,50€. Considerando, invece, la ricarica abbiamo confezioni da 2l con costo medio di 2,50€. Infine, per i prodotti sfusi abbiamo la variante solida di 250g e durata minima di un mese, con costo di circa 2€ e la variante alla spina con un costo di circa 1,50€/l.

4 Elaborazione dei dati

4.1 Acqua

Nella tabella 1 sono inseriti dati relativi al consumo e al costo dell'acqua da bere.

| Soggetti | Consumo annuale | Bottiglie consumate | Costo tot. acqua in bottiglia all'anno | Costo tot. acqua di rubinetto all'anno | Costo tot. bottiglia e rubinetto |
|----------------------|-----------------|---------------------|--|--|----------------------------------|
| | l/anno | n°/anno | €/anno | €/anno | €/anno |
| A persona | 547,5 | 365 | 230,00 | 0,75 | 113,38 |
| Famiglia media (2,4) | 1314 | 876 | 552,00 | 1,80 | 272,11 |

Tab. 1 – *Acqua - costo comparato acqua in PET, dal rubinetto e soluzione mista*

Nella tabella 2 sono presenti invece i dati che riguardano il calcolo della mancata produzione di imballaggi in plastica derivante dall'utilizzo dell'acqua della rete potabile con l'assunzione che tale comportamento sia adottato dall'intera popolazione della città di Roma.

| Soggetti | Peso imballaggio | Peso imballaggio all'anno | Popolazione | Peso imballaggi totale | Produzione tot 2018 | Riduzione della produzione | Produzione plastica tot 2018 | Riduzione della produzione della plastica |
|-------------------------|------------------|---------------------------|-------------|------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|---|
| ... | kg/imb. | kg/anno | n | t | t | % | t | % |
| Popolazione totale Roma | 0,03 | 11,0 | 2.860.009 | 31.317 | 1.730.281 | 1,8 | 51.800 | 60,4 |

Tab. 2 – *Acqua - riduzione della produzione di imballaggi in plastica derivante dall'utilizzo di acqua del rubinetto*

Se tale assunto fosse realizzato, la plastica non prodotta utilizzando acqua del rubinetto sarebbe pari al 60% della plastica raccolta nella città di Roma (2018), con oltre 31.000 t risparmiate delle oltre 50.000 prodotte. Il risparmio in euro che ogni famiglia realizzerebbe sarebbe pari ad oltre 500 €/anno.

4.2 Prodotti per la cura della casa

Nella tabella 3 sono inseriti i dati relativi alla quantità e al costo dei prodotti analizzati per la cura della casa.

| Prodotti | Flaconi consumati | Costo flaconi | Confezioni ricariche | Costo ricariche | Costo solidi | Costo detersivi alla spina |
|---------------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------|--------------|----------------------------|
| ... | n/anno | €/anno | n/anno | €/anno | €/anno | €/anno |
| Detersivo piatti | 12 | 36,00 | 9 | 18,00 | 10,00 | 15,30 |
| Detersivo pavimenti | 12 | 24,00 | 3 | 36,00 | / | 10,80 |
| Detersivo sanitari | 12 | 36,00 | / | / | / | 17,10 |
| Detersivo bucato | 7 | 35,00 | 6 | 24,50 | / | 15,00 |

Tab. 3 – *Cura della casa - costo comparato fra imballaggi in HDPE, con ricariche, con prodotti solidi o alla spina.*

Nelle tabelle 4 e 5 sono inseriti i dati relativi alla produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi con l'uso delle ricariche.

| Prodotti | n contenitori non utilizzati in HDPE | n contenitori utilizzati in pp 05 | Peso contenitori non utilizzati in HDPE | Peso HDPE non prodotta per famiglia / anno | Peso contenitori utilizzati in pp 05 | Peso pp 05 utilizzato per famiglia / anno |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------------------|---|
| ... | n | n | kg | kg | kg | kg |
| Detersivo piatti | 11 | 9 | 0,065 | 0,715 | 0,02 | 0,18 |
| Detersivo pavimenti | 11 | 3 | 0,062 | 0,868 | 0,25 | 0,75 |
| Detersivo sanitari | 11 | 0 | 0,06 | 0,66 | 0 | 0 |
| Detersivo bucato | 6 | 6 | 0,065 | 0,39 | 0,02 | 0,12 |

Tab. 4 – Cura della casa-produzione di plastica confrontando detersivi in flaconi e con ricariche

| Prodotti | Peso plastica risparmiata | Famiglie romane | Produzione in peso della plastica con ricariche | Plastica non prodotta usando ricariche totale | Plastica non prodotta usando ricariche totale | Plastica non prodotta usando ricariche |
|---------------------|---------------------------|-----------------|---|---|---|--|
| ... | kg | n | kg/anno | kg/anno | t/anno | % |
| Detersivo piatti | 0,47 | 1.191.670 | 214.501 | 637.544 | 638 | 1,230 |
| Detersivo pavimenti | 0,056 | 1.191.670 | 893.753 | 140.617 | 141 | 0,271 |
| Detersivo sanitari | 0,6 | 1.191.670 | 0 | 786.502 | 787 | 1,518 |
| Detersivo bucato | 0,205 | 1.191.670 | 143.000 | 321.751 | 322 | 0,621 |
| TOTALE | | | | | 1.886 | 3,640 |

Tab. 5 – Cura della casa - produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con delle ricariche.

Si osserva che l'uso del prodotto venduto come ricarica porta, generalmente, un risparmio economico e di flaconi utilizzati, salvo nei casi in cui il prodotto di ricarica non è di uso comune (es. detersivo pavimenti). La plastica non prodotta utilizzando le ricariche per i detersivi per la cura della casa è pari a 1.886 t, ossia l'3,6% della plastica raccolta nel 2018, pari a 51.800 t.

Nelle tabelle 6 e 7 sono inseriti i dati relativi al consumo di plastica per i detersivi alla spina.

| Prodotti | Confezioni detersivi alla spina | Costo detersivi alla spina | n contenitori non utilizzati in HDPE | n contenitori utilizzati in pp 05 | Peso contenitori non utilizzati in HDPE | Peso HDPE non prodotta per famiglia / anno |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| ... | n/anno | €/anno | n | n | kg | kg |
| Detersivo piatti | 0 | 15,30 | 11 | 0 | 0,065 | 0,715 |
| Detersivo pavimenti | 0 | 10,80 | 11 | 0 | 0,062 | 0,868 |
| Detersivo sanitari | 0 | 17,10 | 11 | 0 | 0,06 | 0,66 |
| Detersivo bucato | 0 | 15,00 | 6 | 0 | 0,065 | 0,39 |

Tab. 6 – Cura della casa - produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con prodotti alla spina.

| Prodotti | Peso plastica risparmiata | Produzione plastica usando prodotti alla spina totale | Plastica non prodotta usando prodotti alla spina totale | Plastica non prodotta usando prodotti alla spina |
|---------------------|---------------------------|---|---|--|
| ... | kg | kg/anno | t/anno | % |
| Detersivo piatti | 0,65 | 0 | 852 | 1,644 |
| Detersivo pavimenti | 0,806 | 0 | 1.034 | 1,996 |
| Detersivo sanitari | 0,6 | 0 | 787 | 1,518 |
| Detersivo bucato | 0,325 | 0 | 465 | 0,897 |
| TOTALE | | | 3.138 | 6,054 |

Tab. 7 – Cura della casa - produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con prodotti alla spina.

I costi risultano fortemente ridotti se si opta per l'acquisto di prodotti alla spina, con una riduzione di plastica assoluta poiché il numero di flaconi in HDPE è pari a uno cioè il primo acquistato, i flaconi in pp05 sono zero e il risparmio in tonnellate è di 3.138 t, ovvero 6% delle 51.800 t di plastica prodotte all'anno dalla città di Roma.

4.3 Prodotti per la cura della persona

Nelle tabelle dalla 8 alla 10 si possono osservare i risultati derivanti dall'elaborazione dei dati raccolti. Nella tabella 8 sono inseriti i dati relativi alla quantità e al costo dei prodotti a seconda della "scelta ecologica" effettuata dalla famiglia.

| Prodotti | Flaconi usati | Costo flaconi | Ricariche | Costo ricariche | Confezioni saponi solidi | Costo saponi solidi | Confezioni saponi alla spina | Costo saponi alla spina |
|---------------|---------------|---------------|-----------|-----------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| ... | n°/anno | €/anno | n°/anno | €/anno | n°/anno | €/anno | n°/anno | €/anno |
| Shampoo | 36 | 108,00 | / | / | 0 | 20,00 - 30,00 | 0 | 27 € |
| Bagno schiuma | 24 | 84,00 | 12 | 60,00 | 0 | 48,00 | 0 | 46 € |
| Sapone intimo | 24 | 60,00 | 6 | 45,00 | 0 | 24,00 | 0 | 36 € |
| Sapone | 48 | 60,00 | 6 | 30,00 | 0 | 24,00 | 0 | 18 € |

Tab. 8 – Cura della persona - costo comparato fra imballaggi in HDPE, con ricariche, con prodotti solidi o alla spina.

Nelle tabelle 9 e 10 sono inseriti i dati relativi al consumo di plastica confrontando l'uso di prodotti in flaconi con l'uso delle ricariche.

| Prodotti | n contenitori non utilizzati in HDPE | n contenitori utilizzati in pp 05 | Peso contenitori non utilizzati in HDPE | Peso HDPE non prodotta per famiglia / anno | Peso contenitori utilizzati in pp 05 | Peso pp 05 prodotto per famiglia / anno |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------------------|---|
| ... | n | n | kg | kg | kg | kg |
| Shampoo | 35 | 0 | 0,03 | 1,05 | 0 | 0 |
| Bagnoschiuma | 23 | 12 | 0,062 | 1,426 | 0,02 | 0,24 |
| Sapone intimo | 23 | 6 | 0,015 | 0,345 | 0,015 | 0,09 |
| Sapone | 47 | 6 | 0,015 | 0,705 | 0,02 | 0,12 |

Tab. 9 – Cura della persona - produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con delle ricariche.

| Prodotti | Peso plastica risparmiata | Produzione in peso della plastica con ricariche | Plastica non prodotta usando ricariche totale | Plastica non prodotta usando ricariche |
|---------------|---------------------------|---|---|--|
| ... | kg | kg/anno | t/anno | % |
| Shampoo | 1,02 | 0 | 1.251 | 2,414 |
| Bagnoschiuma | 1,124 | 286.001 | 1.413 | 2,727 |
| Sapone intimo | 0,24 | 107.250 | 304 | 0,586 |
| Sapone | 0,57 | 143.000 | 697 | 1,345 |
| TOTALE | | | 3.666 | 7,073 |

Tab. 10 – Cura della persona - produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con delle ricariche.

Per quanto riguarda il risparmio di plastica prodotta si ha in assoluto un risparmio di contenitori in plastica HDPE a favore di un minor numero di contenitori in plastica pp05.

La plastica non prodotta utilizzando le ricariche per i detersivi per la cura della persona è pari a 3.666 t, ossia al 7% della plastica raccolta pari a 51.800 t (dati 2018).

Nella tabella 11 sono inseriti i dati relativi al consumo di plastica riferiti all'uso di prodotti alla spina. Si osserva che l'uso del prodotto venduto come ricarica porta, generalmente, un risparmio economico e di flaconi utilizzati.

| Prodotti | Costo saponi alla spina | Peso plastica risparmiata | Produzione in peso della plastica usando prodotti alla spina | Plastica non prodotta usando prodotti alla spina totale | Plastica non prodotta usando prodotti alla spina totale | Plastica non prodotta usando prodotti alla spina |
|---------------|-------------------------|---------------------------|--|---|---|--|
| ... | €/anno | kg | kg/anno | kg/anno | t/anno | % |
| Shampoo | 27 € | 1,02 | 0 | 1.251.254 | 1.251 | 2,414 |
| Bagnoschiuma | 46 € | 1,364 | 0 | 1.699.321 | 1.699 | 3,279 |
| Sapone intimo | 36 € | 0,33 | 0 | 411.126 | 411 | 0,793 |
| Sapone | 18 € | 0,69 | 0 | 840.127 | 840 | 1,621 |
| TOTALE | | | | | 4.202 | 8,107 |

Tab. 12 – Cura della persona - costo prodotti alla spina e produzione di plastica confrontando l'uso di detersivi in flaconi e con prodotti alla spina.

I costi risultano fortemente ridotti se si opta per l'acquisto di prodotti alla spina, con una riduzione di plastica assoluta poiché il numero di flaconi in HDPE è pari a uno cioè il primo acquistato, i flaconi in pp05 sono zero e il risparmio in tonnellate è di 4.202 t, ossia circa l'8% della plastica raccolta nel 2018, pari a 51.800 t.

5 Conclusioni

Queste analisi preliminari dimostrano che la possibilità di incidere favorevolmente sulla diminuzione della produzione degli imballaggi in plastica può concretizzarsi attraverso la sensibilizzazione, la formazione e l'informazione ai cittadini verso la sostenibilità delle scelte in fase di acquisto dei prodotti esaminati: le famiglie, orientando gli acquisti di prodotti di largo consumo, possono ridurre concretamente i rifiuti in plastica. Inoltre, esse possono realizzare anche un risparmio economico. Questo è già un primo importante risultato: sostenibilità e economicità, qui, vanno d'accordo. Lo studio dimostra infatti che se tutte le famiglie di Roma passassero al consumo di acqua del rubinetto, se utilizzassero per i prodotti impiegati nella cura della casa (detersivo per i piatti, detersivo per i pavimenti, detersivo per i sanitari e detersivo per il bucato) e per quelli nella cura della persona (shampoo, bagno schiuma, sapone intimo e sapone generico) prodotti più sostenibili, come quelli distribuiti anche con le ricariche, o addirittura quelli alla spina, la produzione dei rifiuti in plastica della città di Roma potrebbe diminuire di oltre il 70% .

Sul consumo dell'acqua di rete per bere, vi è unanimità di opinioni: più salutare, più sostenibile e più economica in modo schiacciante.

Una prima riflessione deve essere operata sulla disponibilità dei prodotti esaminati. Essa non appare affatto capillare: i detersivi e i detersivi solidi, benché ormai possibili e di compro-

vata efficacia, sono ancora molto difficili da reperire sul mercato, relegati alla distribuzione in negozi di nicchia. La vendita alla spina, che poteva avere conquistato terreno qualche anno fa, sembra essere diventata molto residuale, sia nella grande distribuzione, che come vendita in negozi specializzati. Se tale evidenza può essersi determinata anche in relazione ad una “scomodità” di tale tipo di prodotto (la necessità dell’imballaggio da riempire è vincolante per il suo successo ambientale e di costo), si potrebbe ovviare rendendo i prodotti dotati di ricariche ampiamente disponibili sul mercato, fatto che non ha riscontro nella distribuzione. Il prodotto con ricarica, invece, spesso non è disponibile e quando lo è, non sempre ha l’efficacia che potrebbe avere: la ricarica deve necessariamente fornire una scorta sufficiente a massimizzare la riduzione dell’imballaggio, con l’unico compromesso dell’agevole trasportabilità dal luogo di acquisto alla dimora del consumatore. Invece, le ricariche hanno troppo frequentemente volumetrie doppie rispetto alla confezione con distributore. Anche la dichiarata minor materia plastica presente per unità d’imballaggio, non compensa l’efficacia di rendere le confezioni più capienti.

Un’ultima riflessione non può prescindere da ciò che la pandemia da Covid-19 ha determinato. Questo studio inizia nel novembre del 2019, quando questa immensa catastrofe non era minimamente pensabile. Gli imballaggi in plastica erano oggetto di attente politiche di riduzione in ogni programma di sostenibilità, dall’Unione Europea ai Comuni italiani. La pandemia ha spostato l’attenzione verso gli imballaggi monouso, per ragioni igieniche. E fra questi sicuramente la plastica. Dando per scontato che la salute è di primaria importanza, non bisogna però piegarsi all’assunto che essa sia solo un tema di contaminazione batterica o virale: la salute è anche strettamente legata alla sostenibilità dei nostri comportamenti e la guerra contro lo “strapotere” dell’imballaggio in plastica monouso non può essere persa combattendo la battaglia a questo virus.

Bibliografia

[1] www.istat.it

[2] Federambiente -ONR Linee guida sulla prevenzione dei rifiuti urbani, 2010.

[3] Ricerca condotta sui siti internet per gli acquisti on line

[4] www.comune.roma.it, *Anagrafe pubblica della raccolta, recupero, smaltimento e impianti dei rifiuti urbani, 2018*

[5] www.associazioneitalianamedici.it

[6] www.acea.it

Intervento di ARERA per la regolazione della qualità nel settore rifiuti

Giorgio Ghiringhelli ghiringhelli@arsambiente.it, Elisa Amodeo, ARS ambiente Srl, Gallarate (VA)

Carlo Sguario, Paolo Pagani, Giuseppe Sbarbaro, UTILITEAM Srl, Milano

Riassunto

Le direttrici che seguirà ARERA per la regolazione del settore rifiuti ricalcano uno schema noto che vede Tariffe, Qualità del Servizio e Unbundling come elementi chiave della sua azione. Se da un lato appare difficoltoso definire degli standard di servizio in un settore caratterizzato da un prodotto atipico, una grande importanza assumono gli standard di servizio, in settore proprio caratterizzato modalità operative molto diversificate. La qualità dei servizi è per ora stata declinata da ARERA per quanto riguarda la qualità contrattuale e limitatamente alla trasparenza ma la definizione di un più consistente e ordinato pacchetto di nuovi standard e obblighi di gestione della qualità contrattuale è oramai alle porte, cui seguirà l'estensione anche alla qualità tecnica, per la quale, nel campo della gestione dei rifiuti urbani, manca un riferimento normativo univoco ai livelli di servizio.

Summary

The Guidelines that ARERA will follow in its regulation activity seem to be clear and follow a well-known pattern that sees Tariffs, Quality of Service and Unbundling as key elements of its action. After tariffs, quality of services is the second issue approached by the Authority. In waste management, there are not specific provisions regarding to service levels for urban and related waste. It is particularly important to define service standards, in a market characterized by a very heterogeneous variety of performances and diversified operating models. Taking into consideration well-known patterns and models ARERA will follow to develop quality regulation, based on what already experimented in other sectors such as energy or water service, municipalities and companies are already able to analyze their situation on the organizational and operating side to identify where improvements are needed and which investments must be planned to guarantee future regulatory compliance.

1. Introduzione

La regolazione dei servizi pubblici adottata dall'ARERA si fonda su tre elementi fondamentali sui quali poggia l'intero sistema di regolazione, schematizzati nella Figura 1: qualità, tariffe e unbundling. Si tratta di tre temi tra loro strettamente interconnessi, in quanto la disciplina dell'unbundling contabile fornisce all'Autorità un quadro informativo essenziale per la sua azione di regolazione economica, il cui fulcro è costituito dalla tariffa, la quale ha l'obiettivo di remunerare i costi efficienti sostenuti per fornire il servizio secondo livelli di qualità definiti e controllati [1].

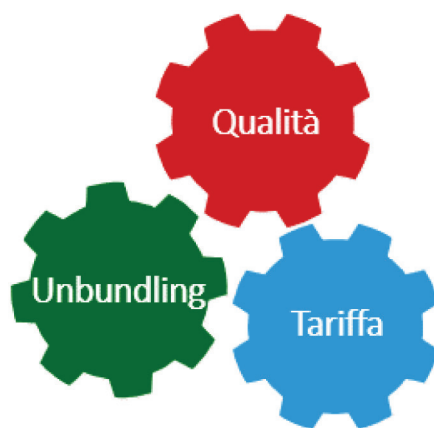


Fig. 1 – I pilastri della regolazione di ARERA (Fonte: Utiliteam, 2018)

In dettaglio possiamo identificare cosa l’Autorità intenda per regolazione della qualità traendo spunto dalla regolazione della qualità già disciplinata dall’Autorità stessa nei settori sottoposti anticipatamente alla sua azione (energia elettrica, gas e servizio idrico). Innanzitutto, l’Autorità individua prestazioni di qualità commerciale (come è definita nel settore energia) o contrattuale (come è definita nel settore idrico), ossia processi di competenza del gestore del servizio che hanno impatto sull’utente finale. La regolazione della qualità operata da ARERA sarà estesa anche alla così detta qualità tecnica in genere associata a sistemi di incentivazione e penalità rivolti al soggetto gestore sulla base del raggiungimento o meno delle performance previste dall’Autorità. L’accentramento delle potestà regolatorie in ARERA porterà quindi ad un’ulteriore evoluzione e completamento dei requisiti di qualità del servizio rifiuti.

2. Relazione

Tutti i servizi regolati a rete (energia, gas, acqua, teleriscaldamento-teleraffrescamento) sono caratterizzati dalla presenza di sistemi di misura certificati ed ufficiali sia sulle reti che nel punto di contatto con l’utente (attraverso un contatore). Inoltre il rapporto tra utente e fornitore del servizio è tipicamente sinallagmatico e l’erogazione del servizio è remunerata attraverso una fattura sottoposta ad IVA. Infine l’utente è un soggetto passivo, nel senso che il suo ruolo è quello di “consumatore” del servizio senza alcuna interazione sulla qualità tecnica dello stesso [2]. Il servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani si caratterizza all’opposto sia per la mancanza della rete (intesa, idealmente, come infrastruttura fisica di trasporto dei rifiuti, sostituita nella realtà da sistemi di raccolta, trasporto e spazzamento basati su veicoli e autisti/raccoglitori) sia, nella maggior parte dei casi, per l’assenza del rapporto sinallagmatico in quanto il servizio è tipicamente remunerato attraverso una tassa (TARI). Ulteriore elemento differenziale di grande rilevanza, caratteristica distintiva di questo servizio pubblico, è il ruolo attivo dell’utente che è un anello fondamentale della raccolta rifiuti cui compete proprio la separazione a monte dei rifiuti secondo i principi e obblighi della raccolta differenziata fissati nelle ordinanze sindacali e riportati nelle Carte dei Servizi. Il soggetto gestore, per erogare in modo efficiente ed efficace il servizio di raccolta rifiuti, necessita della cooperazione dell’utente che diventa quindi co-responsabile della qualità del servizio reso, intesa come raggiungimento delle principali performance di sistema (livello di raccolta differenziata e di effettivo recupero dei rifiuti). La materia degli standard tecnici ed economici dei servizi di gestione dei rifiuti urbani non è stata trattata organicamente dalla attuale normativa di settore, anche se non mancano richiami più o meno espliciti alla regolamentazione tecnica ed economica del

settore. La normativa è molto puntuale nell'indicare i vincoli e gli obiettivi del sistema di gestione dei rifiuti, mentre è meno precisa sulla definizione degli strumenti operativi per perseguire tali obiettivi, demandando tali attività alla normativa di secondo livello o alle istituzioni periferiche (Regioni, Province, Comuni) [3]. La definizione quindi di standard tecnici, livelli di servizio o norme tecniche per l'ottimizzazione delle diverse fasi del servizio di gestione dei rifiuti urbani a livello nazionale risulterebbe di estrema utilità, sia per ottemperare a riferimenti precisi della normativa, che per facilitare l'adozione di strumenti di pianificazione o regolamentari da parte degli altri soggetti coinvolti nel processo di gestione dei rifiuti urbani. I richiami normativi a strumenti di regolazione economica del servizio di gestione dei rifiuti urbani sono deboli e si basano prevalentemente sul principio di efficienza, efficacia ed economicità [4]. Si annoverano a livello nazionale diversi tentativi di standardizzare e oggettivare la qualità tecnica dei servizi di raccolta differenziata, igiene urbana e recupero/smaltimento dei rifiuti, spesso con approfondimenti sui costi dei servizi che frequentemente sono correlati al così detto livello del servizio (inteso come valutazione complessiva di efficacia/efficienza di un dato sistema in un certo contesto socio-urbanistico).

2.1 Indicatori di qualità nel settore rifiuti

Per l'analisi della qualità dei servizi di gestione integrata dei rifiuti occorre riferirsi all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e al Catasto Nazionale Rifiuti che presenta, con il Rapporto Annuale sui Rifiuti Urbani (ISPRA, 2018), insieme al Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), permettendo di costruire *benchmark* specifici anche per Regione o Comune, e con specifico riferimento al concetto di prestazione tecnica ambientale, recentemente introdotto nell'ordinamento legislativo, a cui la legge associa i cosiddetti livelli essenziali [5]. In considerazione delle informazioni disponibili, gli indicatori utilizzati per i servizi relativi ai rifiuti sono:

indicatore di impegno finanziario (€/t): spesa per tonnellata calcolato come rapporto fra la spesa corrente del servizio e le tonnellate di rifiuto raccolto e smaltito;

indicatore di output-risultato/efficacia complessiva (%RD): raccolta differenziata come percentuale di raccolta differenziata sul totale dei rifiuti raccolti;

indicatori di processo e output-risultato parziali: livello dei servizi su scala 0-10 per poter effettuare confronti omogenei su base territoriale.

La raccolta differenziata, a livello nazionale, è pari al 55,6%, quindi apparentemente in linea con gli obiettivi al 2025. Tuttavia, la media regionale non raggiunge livelli in linea con tale obiettivo in diverse aree del Centro e del Sud. I Comuni di medie dimensioni si confermano i migliori in tutte le macroregioni. Ciò fa emergere una situazione in cui i livelli di efficienza, raffigurati in Figura 4, sono mediamente aumentati a livello di sistema Italia, anche se sicuramente vi sono ulteriori margini di miglioramento, specie in gran parte del Centro e del Sud [5].

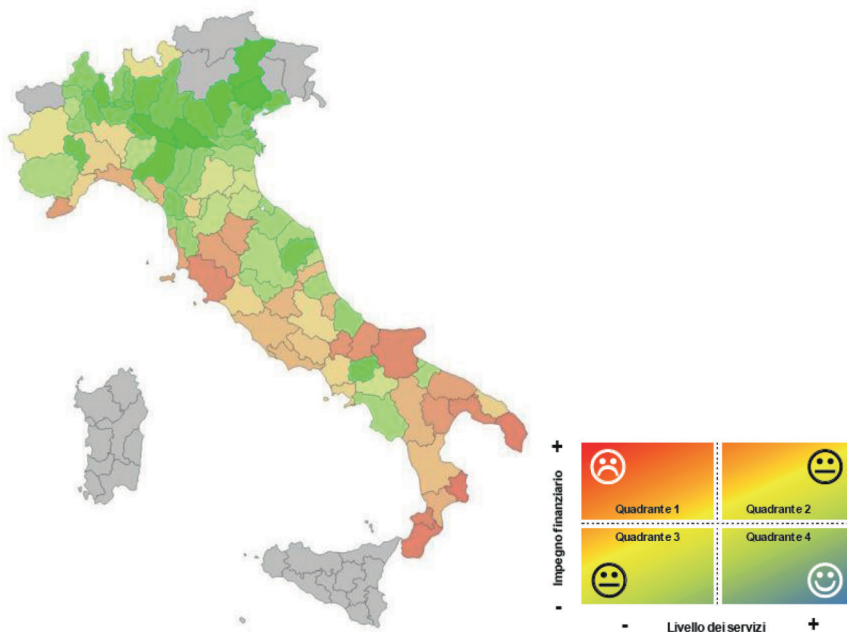


Fig. 2 – Mappa provinciale indice livello dei servizi rifiuti (Fonte: CNEL, 2019)

I modelli di gestione di successo (alto livello dei servizi associato ad una bassa spesa per tonnellata)

sono quelli di Veneto e Lombardia, seguiti da Piemonte, Marche ed Emilia-Romagna. Il divario nord-sud è, per questo servizio, particolarmente accentuato sia per quanto riguarda il costo, sia per quanto concerne il suo livello quali-quantitativo. Questo divario è determinato in gran parte dalla strutturale carenza di impianti di valorizzazione delle frazioni organiche differenziate e di smaltimento del rifiuto urbano residuo (RUR) [6].

2.2 Standard tecnici di igiene urbana (ANPA)

Il primo tentativo organico di definizione di standard tecnici a livello nazionale è stato effettuato al dall'ANPA (attuale ISPRA) col tentativo di definire standard di qualità capaci di incentivare un miglioramento del servizio offerti centrati sulle caratteristiche territoriali, morfologiche, urbanistiche, demografiche, economiche e culturali dell'area interessata, nonché dalla qualità del servizio preesistente agli interventi migliorativi. Per questo sono stati individuati i livelli di servizio (standard ottimali) da perseguire in una prospettiva di miglioramento progressivo della gestione che porti al conseguimento di una qualità del servizio omogenea ed elevata su tutto il territorio nazionale, nel senso della rispondenza tra domanda ed offerta di servizio, uniformata alle esperienze più avanzate già in atto nel Paese [7].

| Tipologia di standard | Standard specifico |
|----------------------------|---|
| Standard tecnici aziendali | Standard riferiti alla performance dell'azienda del suo insieme |

Segue

| Tipologia di standard | Standard specifico |
|---|--|
| Standard degli automezzi e delle attrezzature | Automezzi e attrezzature Efficienza degli automezzi e delle attrezzature Frequenza lavaggio interno dei mezzi di raccolta e trasporto e delle attrezzature |
| Standard dei contenitori | Contenitori Efficienza dei contenitori Frequenza lavaggio interno dei contenitori |
| Standard dei servizi di raccolta RU e RD | Estensione del servizio Continuità del servizio Rete di conferimento (distanza e posizionamento) Frequenze di raccolta (RUR, Forsu, Carta/Cartone, Plastica, Vetro, Multimateriale, altre frazioni, etc.) Orari di raccolta Standard tecnici dei servizi aggiuntivi di raccolta differenziata (isole e piattaforme ecologiche) |
| Standard del servizio di raccolta dei rifiuti ingombranti | Modalità di svolgimento |
| Standard del servizio di spazzamento | Continuità del servizio Modalità organizzative Frequenze di spazzamento (meccanico e manuale) e lavaggio strade Orario |
| Altri standard | Contratto di lavoro Volumetria disponibile per RUR Grado riempimento contenitori Pesatura dei rifiuti |
| Parametri di efficienza e di produttività | Costi/abitante Costi/utente Costi/kg raccolto Costi/contenitore stradale svuotato Contenitori stradali svuotati per turno di raccolta Costi/addetto Rifiuti raccolti/addetto Costi del personale su costi totali Costi industriali su costi totali Ammortamenti su costi totali Costi /rifiuti raccolti per modulo Costi/cassonetto lavato Costi/km spazzato (meccanizzato) Costi/ore lavorate Km spazzati /addetto Costi/rifiuti trasportati a km Abitanti serviti/ addetto |

Tab. 1 – Standard specifici del settore rifiuti (Fonte: ANPA, 2001)

2.3 Livelli di prestazione e modalità e condizioni di accettazione dei servizi di pulizia delle strade e di gestione dei rifiuti urbani (UNI/EN)

Un riferimento più recente e di grande significato per il settore sono le norme UNI della serie 11664/2017 dove sono definiti i requisiti generali e le metodologie di misura dei livelli di prestazione, definiti i contenuti dei contratti relativi ai servizi di raccolta indifferenziata o differenziata dei rifiuti urbani, di pulizia e manutenzione dei contenitori, di rimozione dei rifiuti abbandonati. Per quanto attiene i requisiti generali la norma definisce i livelli di prestazione e le modalità e condizioni di svolgimento dei servizi di pulizia delle strade e di gestione dei rifiuti urbani al fine di ottenere i migliori risultati in termini di prestazioni quantitative e qualitative, di ottimizzazione economica, di sostenibilità ambientale e di prevenzione dell'inquinamento.

2.4 Criteri Ambientali Minimi (CAM)

Un ulteriore elemento sulla qualità tecnica dei servizi omogenea a livello nazionale è introdotto dal Codice dei Contratti Pubblici che ha fissato l'obbligo, per i gestori individuati mediante gara d'appalto, di rispettare i Criteri Ambientali Minimi (CAM) ossia standard e disposizioni rilevanti in tema di qualità del servizio di raccolta rifiuti urbani e del rapporto utente/gestore. I CAM per l'affidamento del servizio di gestione rifiuti urbani (stabiliti dal DM 13 febbraio 2014 ora in aggiornamento) disciplinano dettagliatamente le prestazioni inerenti il rapporto utente/gestore e sono la declinazione del Piano d'azione nazionale sul green public procurement (PANGPP). In essi si trovano riferimenti dettagliati ad elementi tecnici dei servizi, come le modalità e obiettivi di raccolta differenziata, il controllo della qualità dei conferimenti e del servizio, l'assistenza ai cittadini, informazione e sensibilizzazione degli utenti e degli studenti e il sistema informativo di monitoraggio.

2.5 Certificazioni (ISO/Emas)

Le norme UNI EN ISO della serie 9000 contengono i requisiti minimi che le aziende devono soddisfare per impostare la propria attività secondo criteri di garanzia della qualità, certificati da enti che devono essere accreditati dal SINCERT (Sistema Nazionale per l'Accreditamento degli Organismi di Certificazione) [8]. Saranno operative da agosto 2020 le regole del documento di riferimento Emas per il settore della gestione dei rifiuti urbani. Il documento di riferimento (2020/519/UE) è stato approvato dalla Commissione e contiene le migliori pratiche di gestione ambientale, gli indicatori di prestazione ambientale settoriale e gli esempi di eccellenza per il settore della gestione dei rifiuti ai fini dell'ottenimento della certificazione ambientale volontaria Emas ai sensi del regolamento 1221/2009/Ce.

2.6 Carta dei Servizi

Le raccolte dati disposte da ARERA indicano sempre come elemento da porre a base della valutazione dello stato di fatto la Carta dei Servizi (CdS). Si tratta di un documento reso obbligatorio dal D.P.C.M. 27/01/1994 e successivamente oggetto di numerosi interventi normativi che individua i principi, le regole, gli standard qualitativi dei servizi, al fine di tutelare le esigenze dei cittadini-utenti nel rispetto dei principi di efficacia, efficienza ed economicità. La CdS rappresenta l'impegno del soggetto gestore ad assicurare il massimo livello di qualità del servizio nei confronti dei cittadini-utenti, nel rispetto dei principi, delle regole e degli standard in essa prestabiliti, in modo da garantire la chiarezza del rapporto ed il miglioramento continuo del servizio anche attraverso l'individuazione di idonei strumenti di controllo e monitoraggio. Sulla base di tali fattori vengono individuati standard di qualità che costituiscono gli strumenti di verifica sia dell'efficacia e dell'efficienza del servizio, sia della soddisfazione dell'utente. Gli indici di qualità vengono monitorati a cadenza fissa al fine di adottare tempestivamente azioni di miglioramento e opportune innovazioni tecniche e gestionali.

3. Conclusioni

Il nuovo pacchetto UE di misure sull'economia circolare e i nuovi ambiziosi obiettivi in materia di rifiuti comporteranno un'ulteriore evoluzione nell'organizzazione dei servizi di gestione dei rifiuti urbani e assimilati e, quindi, anche delle imprese del settore chiamate a fornire servizi sempre più efficienti, efficaci, capillari e personalizzati. La gestione dei rifiuti urbani in Italia presenta criticità e punti di forza, in un contesto di governance ancora incompleto e in un quadro di regole articolato e in evoluzione. A complicare ulteriormente la fotografia, vi è il fatto che le debolezze storiche in taluni territori hanno assunto toni emergenziali. ARERA è chiamata a porre le condizioni affinché si consolidi un sistema industriale per il settore dei rifiuti urbani, sia assicurato un servizio di qualità, si superino le procedure di infrazione e si realizzino gli impianti necessari [9]. Le direttrici che seguirà ARERA sembrano essere molto chiare e ricalcano uno schema ben noto che vede tariffe, qualità del servizio e *unbundling* contabile come elementi chiave della sua azione. La qualità dei servizi si pone come importante macro-obiettivo della regolazione che è per ora stata declinata limitatamente alla trasparenza, con l'introduzione di obblighi nei confronti dei gestori volti a rafforzare il grado di informazione e trasparenza nei confronti degli utenti. Ma la definizione di un più consistente e ordinato pacchetto di nuovi standard e obblighi di gestione della qualità contrattuale è oramai alle porte: la regolazione della qualità operata da ARERA sarà quindi estesa anche alla qualità tecnica. Nel campo della gestione dei rifiuti manca un riferimento normativo univoco ai livelli di qualità dei servizi per quanto riguarda i rifiuti urbani. La normativa nazionale e regionale indica i principi ispiratori della politica sui rifiuti e detta obiettivi di sistema. Se da un lato appare difficoltoso definire dei livelli di qualità in un settore caratterizzato da un prodotto atipico, una grande importanza assumono proprio gli standard tecnici di servizio, in un campo caratterizzato da una varietà molto eterogenea di prestazioni e da modalità operative diversificate. In ogni caso stante la replicabilità del modello di gestione della qualità già adottato da ARERA per gli altri settori e l'urgenza di estenderlo anche al settore rifiuti, vi sono già le condizioni per gli operatori del settore per agire al fine di non farsi trovare impreparati. Al momento è ancora prematuro valutare se l'approccio regolatorio, avviato con l'MTR, sarà in grado di generare i suoi effetti prevenendo o mitigando effetti distorsivi legati alla discontinuità introdotta dalla regolazione. Pur se qualche effetto indesiderato è atteso in specifiche realtà, il percorso intrapreso, ancorché sperimentale e quindi bisognoso certamente di affinamenti dopo la prima fase di avvio della regolazione, sembra essere quello idoneo a creare quelle condizioni di stabilità per il settore per i prossimi anni, condizioni che saranno necessarie sia per il suo rilancio infrastrutturale, sia per una crescente omogeneizzazione dei livelli di qualità del servizio a livello nazionale.

Bibliografia

- Ghiringhelli G., Sbarbaro G., Pagani P.**, *La nuova regolazione nel settore rifiuti. Attività e impatto dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)*, L'Ambiente n. 6/2018;
- Merusi F. e Antoniazzi S.** (a cura di), *Vent'anni di regolazione accentrata di servizi pubblici locali*, Quaderni CESIFIN. G. Ghiappichelli Ed. Torino, 2017;
- AGCM - Autorità Garante della Concorrenza del Mercato**, *Indagine conoscitiva IC 49*, 2016;
- ISTAT**, *BES – Benessere Equo e Solidale*, 2019;
- CNEL**, *Relazione sui livelli e la qualità dei servizi offerti dalle Pubbliche amministrazioni centrali e locali alle imprese e ai cittadini*, 2019;
- Ghiringhelli G.**, *Il destino dei rifiuti urbani*, Largo Consumo n. 1/2020;
- ANPA**, *Definizione di standard tecnici di igiene urbana*, Manuale, 2001;
- MISE - Ministero dello Sviluppo Economico**, *Le politiche regionali per la qualità nelle imprese di servizi*, 2006;
- Berardi D., Traini S., Valle N.**, *Regolazione dei rifiuti: poco spazio alla qualità e poca flessibilità*, Laboratorio SPL Collana Ambiente N. 129, REF ricerche, 2020.

La valorizzazione dei Progetti di Economia Circolare per mezzo dello Standard XP X30-901

*David Giraldi dgiraldi@ambientesc.it, Andrea Steri
ambiente spa, Carrara (MS)*

Riassunto

Lo standard AFNOR XP X30-901 [1] nasce nel 2018 per fornire alle Organizzazioni una metodologia di gestione e rendicontazione di uno o più progetti per la transizione a modelli di economia circolare, stabilendo termini, principi e pratiche a supporto di project manager, responsabili dello sviluppo sostenibile e dell'Alta Direzione aziendale.

I requisiti dello standard, redatto secondo la "high level structure" comune ai più recenti standard sui sistemi di gestione, sono pensati per far sì che il progetto aziendale realizzi davvero un'economia circolare seguendo i principi del miglioramento continuo e riprendendo la logica PDCA del ciclo di Deming. Proprio in virtù della sua struttura, lo standard AFNOR si presta ad essere integrato con un eventuale sistema di gestione ambientale già implementato in azienda contribuendo a fornirle benefici integrati riconducibili all'ambiente e alla sostenibilità.

Summary

The AFNOR XP X30-901 standard was born in 2018 to provide Organizations with a management and reporting methodology for one or more projects for the transition to circular economy models, establishing terms, principles and practices to support project managers, responsible for sustainable development and top management.

The requirements of the standard, drawn up according to the high level structure common to the most recent standards on management systems, are designed to ensure that the company project truly achieves a circular economy following the principles of continuous improvement and taking up the PDCA principles of the cycle of Deming. Thanks to its structure, the AFNOR standard could be integrated with any environmental management system already implemented in the company, helping to provide it with environmental and sustainability benefits.

1. Introduzione

Il numero di aziende che hanno adottato e certificato un sistema di gestione ambientale a supporto dei propri processi produttivi è in costante crescita [2] a partire dalla pubblicazione della norma UNI EN ISO 14001 [3] nella sua ultima versione del 2015 e tale aumento è riconducibile alla necessità delle aziende di gestire il proprio impatto ambientale con l'obiettivo di ridurlo nel pieno rispetto della compliance normativa.

Con altrettanta costanza è cresciuto negli anni l'interesse da parte delle aziende nei confronti delle tematiche ambientali come la sostenibilità e da ultimo l'economia circolare, interesse supportato anche dagli incentivi della comunità europea alle imprese più virtuose sui temi ambientali.

A testimoniare questo trend è una ricerca internazionale che ha coinvolto oltre 1.500 professionisti, di cui 193 per l'Italia, di diversi settori realizzata da DNV GL, ente certificatore a livello globale, ed EY con la collaborazione dell'istituto di ricerca internazionale GFK Eurisko [4].

Secondo questo studio circa un terzo delle aziende italiane (29%) crede che l'integrazione della sostenibilità nei processi produttivi avrà un effetto significativo sul proprio core business. Ancor più che nel resto del mondo, per le aziende italiane il maggior potenziale di integrazione della sostenibilità nei prossimi anni verrà soprattutto dall'adozione di sistemi di gestione (58%). Il modo in cui evolvono i sistemi di gestione, così come la revisione dei principali standard internazionali, sempre più focalizzati sul contesto in cui operano le aziende, contribuiscono a farne uno strumento di management efficace. Aiutano le aziende a integrare strategie, policy, procedure e sistemi di misura per costruire una performance sostenibile, anziché essere sfruttati solo a fini di compliance.

In questo contesto estremamente dinamico in cui le tematiche ambientali non si limitano più ad essere un onere per le aziende ma divengono volano di cambiamento, lo standard AFNOR, grazie anche alla sua possibile integrazione con la norma UNI EN ISO 14001, costituisce uno strumento concreto a disposizione delle aziende per la gestione e la rendicontazione dell'economia circolare.

2. L'economia circolare in azienda

Prima di entrare nel dettaglio dei vari requisiti della norma, è opportuno definire l'economia circolare, così come presentata all'interno dello standard AFNOR. La norma la definisce come un sistema economico, declinabile nelle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile ambiente, economia e società, che mira a preservare e tutelare risorse naturali e materie prime e le cui finalità sono:

- aiutare a ridurre l'impatto ambientale delle imprese;
- aumentare l'efficienza nell'utilizzo delle risorse;
- migliorare il benessere delle parti interessate aziendali interne ed esterne.

Questi tre obiettivi vengono ulteriormente declinati dallo standard attorno a sette aree d'azione, sette pilastri su cui si fonda il concetto di economia circolare:

- approvvigionamenti sostenibili;
- progettazione ecocompatibile (o ecodesign);
- simbiosi industriale;
- economia dei servizi;
- consumi responsabili;
- estensione della vita del prodotto;
- gestione efficiente del fine vita.

Lo standard richiede alle aziende di considerare il possibile contributo dei propri progetti, intesi come qualsiasi obiettivo di cambiamento in linea con le finalità dell'economia circolare, alle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile e alle sette aree d'azione dell'economia circolare, tenendo conto degli effetti diretti e indiretti e dei possibili trasferimenti di impatti tra i vari punti.

In un contesto di miglioramento continuo, questa analisi incrociata, ricondotta non solo da un punto di vista concettuale ma anche formalmente ad una matrice 3x7, fornisce al top management una visione d'insieme sufficientemente puntuale, idonea a verificare sistematicamente che i progetti sviluppati apportino un effettivo contributo positivo all'economia circolare.

3. I sette pilastri dell'economia circolare

Come anticipato, un progetto di economia circolare deve essere parte di un approccio olistico ed esaminare tutte le potenziali aree di azione in ogni fase del processo di miglioramento continuo. La norma fornisce una chiave d'interpretazione circa le 7 aree d'azione sopra richiamate, fornendo anche degli esempi applicativi sulle effettive modalità di implementazione degli stessi in azienda. L'unione delle tre dimensioni (ambiente, economia e società) e delle sette aree d'azione può essere formalizzato con una matrice 3x7, oggetto più volte richiamato all'interno dello standard AFNOR.

a. Approvvigionamenti sostenibili

L'approvvigionamento sostenibile implica la presa in considerazione degli impatti ambientali e sociali del ciclo di produzione delle risorse, rinnovabili o meno, necessarie alla produzione di un bene o di un servizio. Quest'area di azione può riguardare i processi di estrazione e utilizzo delle risorse naturali, l'acquisizione di componenti necessari per un processo di produzione di beni o servizi o la sostituzione di materie prime non rinnovabili con materiali rinnovabili, materie prime secondarie (SRM) o materie prime riciclate (RRM).

b. Progettazione ecocompatibile (o ecodesign)

L'ecodesign è implementato attraverso l'integrazione sistematica degli aspetti ambientali già dalla fase di progettazione allo sviluppo dei prodotti (beni e servizi, sistemi), con l'obiettivo di ridurre gli effetti negativi in termini di impatti ambientali durante tutto il loro ciclo di vita senza precluderne la qualità.

c. Simbiosi industriale

La simbiosi industriale si concretizza nella messa in comune e/o interrelazione di diverse fasi produttive, di diversi processi per la produzione di beni o servizi specifici, finalizzati alla gestione condivisa e alla conseguente ottimizzazione di determinate funzioni, merci, scorte, flussi di materiali ed energia.

Quest'area può comprendere sinergie di sostituzione istituite tra più attori economici per ottimizzare l'utilizzo di risorse, dove, ad esempio, gli scarti di un settore possono diventare la materia prima per un altro. Sono riconducibili a quest'area anche sinergie che mettono in comune flussi di materiali, energia, acqua, infrastrutture, beni o servizi.

d. Economia dei servizi

L'economia funzionale o dei servizi si materializza promuovendo l'uso piuttosto che la proprietà.

Quest'area incentiva le imprese a vendere servizi piuttosto che i prodotti stessi, con l'obiettivo di garantirne le prestazioni e i benefici facilitandone però la gestione in ottica di ciclo di vita.

e. Consumi responsabili

Il consumo responsabile si concretizza tenendo conto degli aspetti economici, sociali e ambientali dati dall'acquisto e dall'utilizzo di un prodotto o servizio.

Ciò conduce ad un cambiamento delle pratiche di consumo, ad esempio esaminando la possibilità di riparazione, riutilizzo, gestione degli scarti di produzione, ecc. e comprende anche lo sviluppo di nuovi metodi di acquisto (acquisto di seconda mano o prodotti ricondizionati) e nuovi modelli di consumo (consumo collaborativo, acquisto congiunto, sharing economy).

f. Estensione della vita del prodotto

L'estensione della durata del prodotto si traduce nella fornitura di un prodotto o servizio più

durevole rispetto ad un prodotto o servizio equivalente mantenendone inalterate le prestazioni.

Costituiscono parte integrante di quest'area le misure adottate per garantire la disponibilità dei pezzi di ricambio, la modularità del prodotto per facilitarne aggiornamenti, manutenzione, riutilizzo, riparabilità e conformità.

g. Gestione efficiente del fine vita

La gestione efficiente dei prodotti e dei materiali a fine vita è concretizzata dalla trasformazione, incluso il loro riciclo, dei residui post-consumo in sostanze, materiali o prodotti per soddisfare nuovi requisiti dei consumatori.

4. Il contesto aziendale e la situazione di riferimento

Le nuove norme sui Sistemi di Gestione, da ultimo completate dalla UNI ISO 45001 sulla Salute e Sicurezza sui luoghi di lavoro, hanno introdotto per le imprese il concetto di analisi contesto aziendale, un punto chiave delle norme in cui le organizzazioni sono chiamate ad estendere i propri orizzonti spaziali di analisi non limitandosi al solo perimetro aziendale.

La standard AFNOR compie un ulteriore step introducendo il concetto di "situazione di riferimento", una sorta di carta d'identità aziendale basata sull'esperienza operativa già maturata sui temi propri dell'economia circolare.

Operativamente l'azienda è chiamata a definire la propria situazione di riferimento effettuando una diagnosi iniziale del proprio know how rispetto ai nodi della matrice 3x7 con lo scopo di poter misurare i progressi compiuti nel tempo tra la situazione ad un generico T0 e la situazione in un secondo momento T della sua evoluzione a valle dell'implementazione del Sistema di Gestione per l'economia circolare.

La definizione della situazione di riferimento permette all'organizzazione di identificare in maniera puntuale i propri obiettivi e comunicarli alle proprie parti interessate, promuovendo un approccio partecipativo e trasparente. Sarà compito della Direzione Aziendale scegliere se rafforzare i nodi su cui già è stato maturato un certo know how piuttosto che sviluppare nuove competenze su altri nodi della matrice 3x7.

5. Il progetto aziendale

All'interno dello standard AFNOR il termine progetto si riferisce ad un qualsiasi obiettivo di cambiamento promosso da un'Organizzazione che miri ad efficientare i propri prodotti e i propri servizi e che garantisca uno o più benefici riconducibili ai nodi della matrice 3X7.

Solamente tramite l'identificazione e la rendicontazione di uno o più progetti l'Organizzazione può effettivamente compiere la transizione a modelli di produzione circolari, maturando così l'esperienza necessaria per incrementare il proprio know how già identificato dalla propria situazione di riferimento. A tal proposito, al fine di rispettare i diversi requisiti normativi riportati nello standard, risulta opportuno suddividere il ciclo di vita di un progetto in quattro fasi principali attraversando le quali il Project Manager e il suo Team sono chiamati a raggiungere gli obiettivi che il progetto stesso si pone. Nello specifico:

- Design stage: corrisponde alla fase di ideazione del progetto e individuazione dei possibili partner;

- Development stage: corrisponde alla fase di valutazione della fattibilità tecnico-economica (risorse economiche, responsabilità, tempistiche);

- Implementation stage: corrisponde alla fase di implementazione del progetto;

- Completion stage: corrisponde alla fase conclusiva del progetto. In questa fase vengono consolidati i dati numerici degli indicatori associati agli obiettivi e si procede all'aggiornamento della situazione di riferimento a fronte delle nuove esperienze maturate.

Nell'ambito del progetto l'organizzazione è chiamata a determinare, mantenendone informazione documentata:

- cosa monitorare e cosa misurare;
- il metodo di monitoraggio, misura, analisi e validazione dei risultati ottenuti;
- cosa comunicare alle proprie parti interessate in termini di dati e indicatori.

6. L'integrazione con la norma ISO 14001:2015

Lo standard AFNOR e la norma ISO14001 possono essere integrati in maniera agevole e le modalità di integrazione possono essere identificate a partire dalla logica PDCA del Ciclo di Deming.

Per quanto riguarda gli input al sistema di gestione ambientale, la norma ISO 14001 prevede l'identificazione da parte dell'azienda dei fattori interni ed esterni del contesto e l'identificazione delle esigenze e aspettative rilevanti degli stakeholder rilevanti. Volendo rispondere ai requisiti dello standard AFNOR sarà necessario per l'azienda integrare tale analisi con la definizione e la formalizzazione della situazione di riferimento, così come definita nei paragrafi precedenti. A partire da questi input sarà possibile avviare la fase di pianificazione in cui l'azienda è chiamata a definire obiettivi ambientali e processi necessari per fornire risultati conformi alla propria politica ambientale e a stabilire un strategia e un piano d'azione specifico per l'economia circolare.

La fase D del ciclo di Deming, relativa al supporto e al controllo operativo, potrà essere coadiuvata da apposite schede progetto contenenti indicatori, ruoli e responsabilità, tempistiche etc. per le varie fasi del ciclo di vita del progetto, da affiancare agli indicatori di processo implementati dall'impresa per il monitoraggio dei propri aspetti ambientali. Tali indicatori, di progetto e di sistema, permetteranno all'impresa di valutare periodicamente le proprie prestazioni e perseguire gli obiettivi di miglioramento continuo.

Con la periodicità prestabilita, o più in generale in occasione del Riesame periodico della Direzione, l'impresa potrà verificare gli output di sistema e il grado di soddisfazione delle esigenze dei propri stakeholder e procedere in parallelo alla revisione della situazione di riferimento, intesa come l'esperienza maturata dall'azienda dal generico T0 al tempo T1 del sopraccitato Riesame.

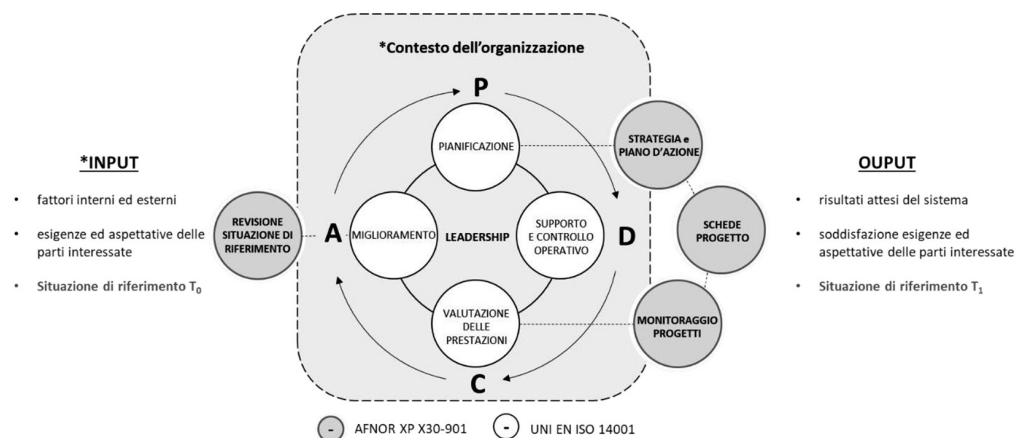


Fig. 1 – Il quadro di riferimento e la logica PDCA

7. Conclusioni

La transizione a modelli di produzione circolari è un'esigenza reale e non procrastinabile anche a fronte delle pressioni dei vari stakeholder aziendali.

A prescindere dalle dimensioni dell'organizzazione, la norma AFNOR XP X30-901 costituisce un'utile guida alla gestione delle iniziative intraprese in ottica di economia circolare ed è soprattutto uno strumento certificabile e integrabile ai sistemi di gestione già implementati.

Il sistema di gestione per l'economia circolare è idoneo a costruire una resilienza a lungo termine, generando così opportunità commerciali ed economiche e offrendo vantaggi ambientali e sociali all'organizzazione.

Bibliografia

- [1] **AFNOR XP X30-901** Octobre 2018, Economie circulaire - Système de management de projet d'économie circulaire - Exigences et lignes directrices
- [2] **ACCREDIA**, Relazione del consiglio direttivo Accredia – anno 2019;
- [3] **UNI EN ISO 14001:2015**, Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso
- [4] **DNV-GL**, Seize the change Integrare la sostenibilità nel core business – 2017

Via i cassonetti per migliorare la qualità del rifiuto: il modello porta a porta integrale di AIMAG

Aram Iobstraibizer, aram.iobstraibizer@aimag.it, Isabella Debbia, isabella.debbia@aimag.it, AIMAG S.p.A., Mirandola

Riassunto

AIMAG, società multiservizi di Mirandola (MO), da fine 2017 ha implementato in tutti gli 11 Comuni dove gestisce la raccolta, il sistema di raccolta domiciliare dei rifiuti con tariffa puntuale con l'obiettivo di diffondere su tutto il bacino un modello unico e virtuoso per il servizio rifiuti. Questo sistema ha consentito di raggiungere risultati di eccellenza a livello nazionale e regionale. Dall'avvio di questo modello tuttavia le raccolte della plastica e del vetro, rimaste stradali, hanno visto un peggioramento in termini di qualità e un aumento nelle quantità raccolte dovuti ai conferimenti non corretti nei cassonetti. Da dicembre 2019 AIMAG ha dunque deciso di completare l'implementazione della raccolta domiciliare, estendendola anche alla plastica e al vetro e rendendo quindi il modello di raccolta porta a porta integrale con l'obiettivo di migliorare la riciclabilità del rifiuto raccolto.

Summary

AIMAG is a multi-service company located in Mirandola (MO). Since the end of 2017, AIMAG has implemented in the 11 municipalities where it manages the urban waste collection a door to door waste collection system and a pay-as-you-throw system with the aim of spreading a sustainable, unique and virtuous collection model. Thanks to this system, AIMAG and the municipalities have achieved excellent results at national and regional level. However, the plastic and glass collections, still collected by street trash cans, have shown a worsening in terms of quality and an increase in terms of quantities collected due to incorrect disposals. So, from December 2019, AIMAG has decided to complete the implementation of the door-to-door system extending it to plastic and glass fractions with the aim of improving the recyclability of the urban waste collected.

1. Introduzione

AIMAG è una società multiservizi, con sede a Mirandola, che opera in 28 Comuni e gestisce direttamente e tramite le aziende controllate servizi idrici, ambientali, energetici e tecnologici per circa 286.000 abitanti, tra le province di Modena, Mantova e Bologna.

Il Gruppo AIMAG gestisce il ciclo integrato dei rifiuti, che si articola in due fasi distinte: la raccolta e trasporto e il trattamento presso gli impianti autorizzati.

La raccolta del rifiuto viene svolta in 11 Comuni a nord della Provincia di Modena (Camposanto, Carpi, Cavezzo, Concordia s/S, Medolla, Mirandola, Novi di Modena, San Felice s/P, San Possidonio, San Prospero, Soliera) per un totale di oltre 167 mila abitanti.

Una politica aziendale da sempre attenta al territorio ed alle tematiche ambientali, ha fatto sì che negli anni venisse investito molto nella gestione del servizio e nella sensibilizzazione dei cittadini, permettendo di raggiungere risultati ambientali importanti.

L'azienda completa la filiera con il trattamento, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti attraverso gli impianti del Gruppo, concentrati negli stessi Comuni dove si effettua la raccolta. In particolare il Gruppo gestisce 2 impianti di compostaggio, 2 digestori anaerobici, di cui uno con sezione di upgrading per la produzione di biometano, un impianto di selezione (TMB), un impianto per trattamento e recupero imballaggi di proprietà di Ca.Re. S.r.l. e 4 discariche di proprietà, di cui solamente una attualmente attiva.

2. Relazione

2.1 *Il modello attuale di raccolta*

AIMAG ha implementato, in tutti i Comuni dove gestisce il servizio, il sistema di raccolta domiciliare dei rifiuti con tariffa puntuale con l'obiettivo di diffondere nel bacino AIMAG un modello unico per il servizio rifiuti. Da fine 2017, tutti i Comuni AIMAG vedono applicata la tariffa puntuale a un sistema di raccolta misto. Il rifiuto organico, sfalci e potature, carta e cartone e indifferenziato sono raccolti a domicilio con frequenze di ritiro delle raccolte che variano a seconda del tipo di territorio: in particolare sono state identificate 3 zone (forese, area urbana e centro storico).

In questo sistema, plastica, lattine e vetro rimangono ancora stradali e quindi conferibili tramite cassonetto.

2.2 *La tariffa puntuale*

Dal 1° gennaio 2018 è in vigore in tutti gli 11 i Comuni gestiti, la tariffa puntuale che ha come obiettivo quello di attuare un modello di calcolo della tariffa più equo, dove ciascuno paga in base a quanto indifferenziato produce, secondo il principio "chi inquina paga".

La tariffa corrispettiva per la gestione rifiuti urbani si compone di una quota fissa e di una quota variabile.

Per le utenze domestiche, la tariffa fissa è rapportata esclusivamente al numero dei componenti della famiglia e alla zona territoriale di residenza. Le utenze sono suddivise in 3 zone: urbana, forese (ossia extraurbano), dove alcuni servizi hanno una frequenza minore (organico), centro storico (solo per il Comune di Carpi), dove alcuni servizi hanno una frequenza maggiore (indifferenziato e carta).

La quota variabile invece è calcolata in base ai kg di rifiuto indifferenziato conferito nel periodo di riferimento della fattura. Il peso viene calcolato a partire dalla volumetria del contenitore assegnato e dal conteggio del numero di vuotamenti: viene attribuito un peso al volume totale di vuotamenti, sulla base dei pesi specifici rilevati di anno in anno. L'importo totale della quota variabile si ottiene moltiplicando i kg (corrispondenti ai vuotamenti reali o ai vuotamenti minimi) per il prezzo unitario. Un certo numero di questi vuotamenti (n° componenti del nucleo familiare +1), indicati come «**vuotamenti minimi**», sono comunque addebitati per ogni utenza.

In caso di compostaggio domestico, il costo unitario (€/kg) viene ridotto del 30%.

Anche per i rifiuti indifferenziati di tipo sanitario (pannolini, traverse, materiale medico, etc.), conferiti con l'apposito contenitore, l'importo di ogni vuotamento si ottiene moltiplicando i kg per un prezzo unitario agevolato, pari al 10% della tariffa base, che risulta quindi scontata del 90%.

2.3 *Risultati raggiunti*

La raccolta porta a porta, abbinata alla tariffazione puntuale, ha consentito di raggiungere risultati di eccellenza nei Comuni gestiti da AIMAG, sia a livello regionale che nazionale: la percentuale di raccolta differenziata è andata crescendo negli anni, fino a stabilizzarsi nel 2019

all'88,7%, a confronto di una media del 68% per la Regione Emilia-Romagna. Per il 2019 ammonta a soli 58 kg la quantità di indifferenziato pro capite avviato allo smaltimento, un risultato di lunga migliore rispetto alla media regionale e nazionale.

I grafici seguenti permettono di confrontare i risultati dei singoli Comuni e della media del bacino con quelli nazionali e regionali

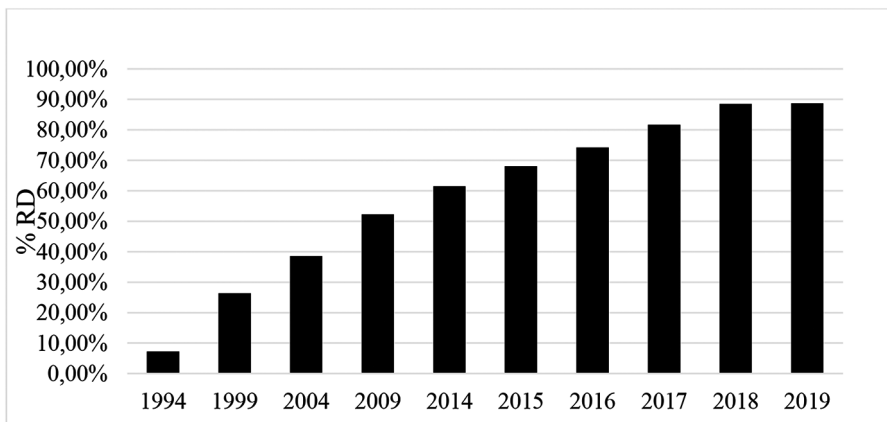


Fig. 1 – Raccolta differenziata negli anni – media bacino AIMAG

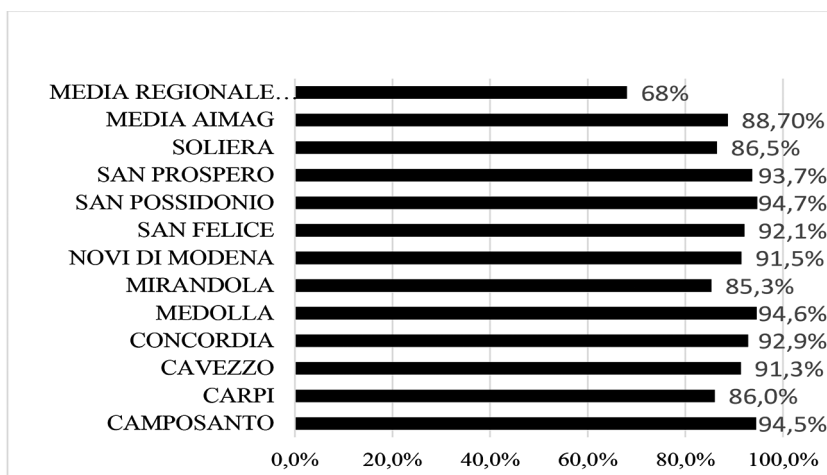


Fig. 2 – Percentuale raccolta differenziata 2019

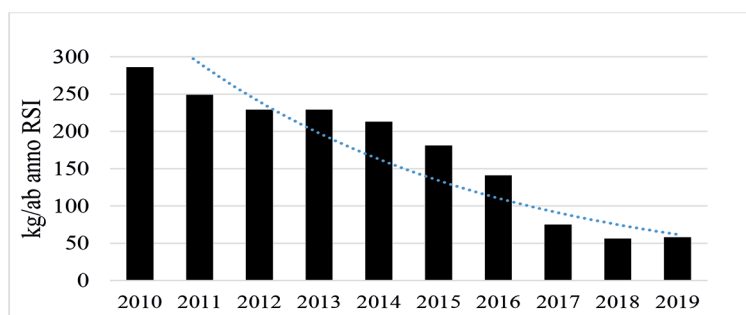


Fig. 3 – *Quantità rifiuto indifferenziato raccolto negli anni - media bacino AIMAG*

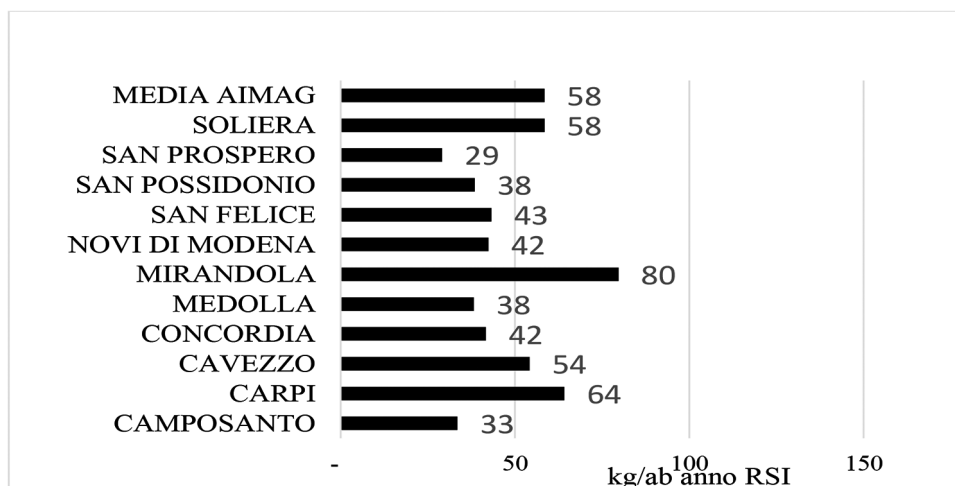


Fig. 4 – *Quantità rifiuto indifferenziato raccolto 2019*

Il passaggio alla raccolta porta a porta ha portato diversi vantaggi alla filiera della gestione rifiuti di AIMAG.

L'eliminazione del cassonetto del rifiuto indifferenziato e l'adozione di una raccolta domiciliare (senza tariffa puntuale), ha ridotto drasticamente il rifiuto indifferenziato (da 300 kg/ab anno a ca 150 kg/ab). Con la successiva evoluzione del modello di raccolta e l'adozione di una tariffa puntuale con misurazione del RSU, si è ottenuta una ulteriore riduzione rifiuto indifferenziato: da 150 kg/ab anno a meno di 60 kg.

Le ragioni principali sono state individuate in due cause principali:

- una completa intercettazione della frazione organica contenuta nel RSU, prima conferito nel cassonetto,
- la deassimilazione di una quantità di rifiuto speciale (in particolare indifferenziato non recuperabile ma non solo), prima intercettato dal cassonetto RSU del rifiuto urbano, non più conferito in raccolta domiciliare.

L'attuale sistema di raccolta ha portato ad un incremento delle frazioni organiche intercettate, rispetto alla raccolta stradale con cassonetto. In corrispondenza alla diminuzione di RSU si è registrato un aumento del rifiuto recuperabile di cui la frazione organica del rifiuto solido urbano (FORSU) è la principale responsabile, raggiungendo i 100 kg/ab anno. La

FORSU, da quantità residuale nel cassonetto stradale dedicato, ha subito un elevatissimo incremento (da 30 a 100 kg/ab) responsabile del corrispondente calo di RSU. Questo elemento sta ad indicare che con il porta a porta si ha una completa intercettazione della FORSU contenuta nel RSU.

Il porta a porta ha comportato anche un miglioramento delle caratteristiche qualitative della FORSU a vantaggio dei successivi processi di trattamento di competenza di AIMAG:

- riduzione scarti (inviati a discarica)
- riduzione dei costi di gestione e miglioramento dei processi produttivi
- miglioramento della qualità del compost
- maggiore produzione di biogas/biometano.

Questi aspetti stanno ad indicare che una corretta raccolta differenziata consente, sia per la quantità che per la qualità dei materiali, la valorizzazione del rifiuto destinato agli impianti di recupero e la contestuale riduzione degli scarti destinati a smaltimento.

Sulla base della esperienza AIMAG, si può quindi concludere che:

- il modello a cassonetto costituisce un efficace sistema di intercettazione del vegetale ma non della FORSU;
- solo adottando una raccolta domiciliare dell'RSU e della FORSU, si ha una piena intercettazione della frazione organica;
- la tariffazione puntuale migliora ulteriormente tale intercettazione sottraendo, grazie alla leva economica, la quota residuale di questo rifiuto all'RSU indifferenziato,
- la raccolta domiciliare, induce una deassimilazione del rifiuto indifferenziato;
- la raccolta porta a porta consente vantaggi in termini di qualità della FORSU con conseguenze positive anche per la fase successiva di trattamento (sempre di competenza di AIMAG).

2.4 Criticità

Dall'avvio del modello di raccolta appena descritto, si è registrato nel bacino AIMAG gestito un incremento nell'andamento dello scarto presente nelle raccolte differenziate stradali.

Il modello, nonostante i risultati virtuosi raggiunti, presenta alcune criticità.

Dall'avvio della tariffazione puntuale, la raccolta della plastica, ancora stradale, è passata da circa 40 kg/abitante anno del 2016, agli attuali 59 kg/abitante anno del 2019, con un progressivo peggioramento della qualità del rifiuto raccolto.

I cassonetti rimasti sul territorio (plastica e vetro) sono diventati, dentro e fuori, il luogo della quasi totalità (99%) degli abbandoni: sono circa 2500 tonnellate a fronte di 1,5 tonnellate raccolte (aprile 2019) nei fossi del territorio.

2.5 Il nuovo modello di raccolta

AIMAG dunque per fronteggiare queste criticità e col fine di aumentare la percentuale di rifiuto inviato a riciclaggio di plastica e vetro dal 67 % (dato 2019) all'84% (per i 5 Comuni oggetto di intervento) ha deciso di implementare un nuovo sistema di raccolta.

Nei Comuni appartenenti all'Unione Comuni Modenesi Area Nord si è deciso di completare l'implementazione della raccolta domiciliare dei rifiuti, trasformando il servizio di raccolta delle frazioni di plastica e multimateriale (vetro, lattine e banda stagnata). A partire dal dicembre 2019, in 5 Comuni UCMAN (Camposanto, Cavezzo, Medolla, San Felice e San Prospero) la raccolta di vetro, lattine e plastica, oggi realizzata con i cassonetti stradali, è stata convertita in raccolta domiciliare come avviene già per le altre tipologie di rifiuti ed è inoltre cambiata la modalità di differenziazione dei rifiuti, lattine/barattolame/banda stagnata/alluminio, sino ad ora raccolte con il vetro, ed ora conferite nella plastica.

La nuova modalità di raccolta prevede la trasformazione del servizio di raccolta stradale delle frazioni di plastica e multimateriale (vetro, lattine e banda stagnata) in raccolta domiciliare:

- plastica con lattine e banda stagnata all'interno di sacchi da 110 lt;
- vetro tramite carrellato da 120 litri.

2.6 I primi risultati

Togliendo i cassonetti migliora la qualità della raccolta e quindi la riciclabilità del rifiuto: diminuiscono le quantità di rifiuto indifferenziato presente nelle raccolte differenziate, a favore dell'aumento del rifiuto effettivamente recuperabile. Dalle prime analisi merceologiche effettuate sul rifiuto plastica/lattine (dati reali) e vetro (dati stimati) nei 5 Comuni dell'Area Nord, in cui è stata avviata la raccolta domiciliare integrale, si riscontrano valori di riciclabilità delle frazioni Plastica, Vetro e Metalli paragonabili al target di riciclabilità atteso per il 2021 su tutti i Comuni UCMAN.

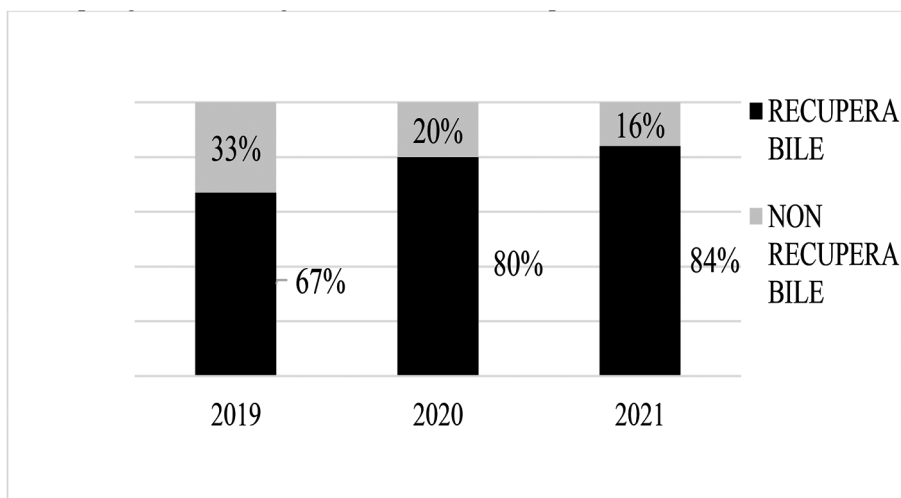


Fig. 5 – Riciclabilità di plastica, vetro e metalli - Comuni UCMAN

Togliendo i cassonetti diminuiscono le quantità di rifiuto differenziato raccolto, a favore di una migliore qualità: la produzione procapite di plastica/lattine si stima in circa 38 kg/ab anno a fronte di una produzione procapite di plastica da cassonetto stradale di 67 kg/ab anno (anno 2019)

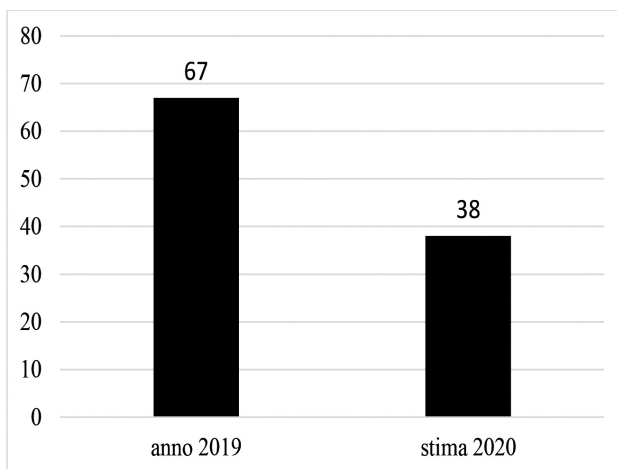


Fig. 6 – *Quantità rifiuto plastica*

Togliendo i cassonetti, le quantità di rifiuto indifferenziato prima presenti nelle raccolte stradali rientrano nella raccolta domiciliare del rifiuto indifferenziato in termini di maggiore esposizione del contenitore grigio in dotazione a tutte le utenze. A seguito dell'avvio della raccolta domiciliare nei 5 Comuni dell'Area Nord, nel mese di gennaio 2020 si è rilevato un incremento delle esposizioni del rifiuto indifferenziato

2.7 Prossimi step di progetto

La trasformazione del servizio negli 8 Comuni dall'Unione Comuni Modenesi Area Nord è stata dilazionata in 2 step: il primo, già realizzato a dicembre 2019, ha riguardato i 5 Comuni sopra citati; il secondo step prevedeva l'avvio del servizio di raccolta domiciliare nei Comuni di Mirandola, Concordia e San Possidonio per maggio 2020, ma è stato posticipato poi causa COVID-19 al 30 novembre 2020.

Contestualmente, in questi 3 Comuni in cui a breve partirà la raccolta integrale dei rifiuti, AIMAG sta svolgendo uno studio di fattibilità per una nuova modalità di raccolta dedicata agli sfalci e potature attraverso un modello di raccolta porta a porta con carrellato solo su richiesta dell'utente.

3. Conclusioni

Negli anni AIMAG ha ottenuto importanti risultati che fanno dei suoi territori esempi di eccellenza nazionale per gli obiettivi raggiunti di raccolta differenziata e di sempre minori quantità di rifiuti a smaltimento. Con questo nuovo progetto AIMAG intende cogliere un'altra sfida ambientale, quella volta a migliorare ulteriormente la qualità dei materiali raccolti che andranno a recupero, rendendo domiciliare il servizio di raccolta di tutte le frazioni di rifiuto. Tutti i cassonetti ad oggi rimasti per la raccolta di plastica e vetro verranno tolti dalle strade: si restituiranno al territorio spazi che potranno trovare nuovi utilizzi e soprattutto si andranno ad eliminare quei contenitori che oggi, purtroppo, costituiscono luoghi privilegiati per abbandonare rifiuti. Questo nuovo servizio consente di reindirizzare correttamente i flussi e di conseguenza di migliorare gli indicatori relativi all'effettivo recupero del rifiuto raccolto.

LCA nella gestione dei rifiuti: un compromesso tra completezza e praticità

*Anna Mazzi anna.mazzi@unipd.it, Silvia Munari
Università degli studi di Padova*

Summary

Life cycle assessment (LCA) can support waste management (WM) to optimize environmental solutions with the comprehensive approach. Often LCA studies in this area undergo simplifications, to the advantage of greater practicality and understanding. But to what extent is the trade-off between completeness and practicality acceptable? A systematic literature review allowed to identify the key elements which, if neglected, compromise the validity of an LCA study in WM. Recommendations from scientific community, related each step of LCA– goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment, and results interpretation – must be the guide to obtain reliable results and avoid confusing conclusions in WM.

Abstract

La metodologia Life Cycle Assessment (LCA) può supportare la gestione integrata dei rifiuti nel progettare scenari di ottimizzazione ambientale, in virtù del suo approccio “comprehensive”. Spesso gli studi di LCA in questo ambito subiscono semplificazioni, a vantaggio di una maggiore praticità e comprensione. Ma quanto il compromesso tra completezza e praticità è accettabile? Una sistematica revisione della letteratura scientifica ha permesso di identificare gli elementi chiave che, se trascurati, compromettono la validità di uno studio LCA in questo ambito. Le raccomandazioni provenienti dalla comunità scientifica internazionale, relativi a ciascuno degli step di LCA – definizione di obiettivi e campo di applicazione, analisi dell’inventario, valutazione dell’impatto e interpretazione dei risultati – deve essere la guida per ottenere risultati affidabili ed evitare conclusioni confondenti.

1. Introduzione

La gestione sostenibile di quantità crescenti di rifiuti è diventata una delle principali preoccupazioni sociali e ambientali in quanto una gestione impropria porta a notevoli impatti ambientali, in primis l’inquinamento di aria, suolo e acqua, e può causare problemi di salute pubblica e rischi per la sicurezza della collettività. In contesto urbano, la quantità di rifiuti in continua crescita richiede soluzioni di raccolta e trattamento efficienti dal punto di vista economico e logistico. Al contempo, la pressione dell’opinione pubblica rende spesso difficili le scelte di chi si trova a gestire i rifiuti a livello territoriale [1].

L’analisi del ciclo di vita risulta particolarmente idonea a valutare sistemi alternativi di gestione integrata dei rifiuti ed a proporsi come utile strumento di supporto alle decisioni, sia per chi deve pianificare un servizio sul territorio, sia per chi deve provvedere alla sua gestione. L’approccio di ciclo di vita, infatti, adotta una prospettiva “comprehensive”, ovvero che tiene conto di tutti gli elementi e le fasi rilevanti nelle operazioni di raccolta, trasporto e trattamento dei rifiuti, con l’obiettivo di ricercare le soluzioni ottimali che consentano la riduzione al minimo degli impatti ambientali complessivi [2].

L'approccio di ciclo di vita appare quindi coerente con la prospettiva dei sistemi integrati di gestione dei rifiuti, in cui vengono presi in considerazione contemporaneamente tutti i processi relativi alla gestione dei rifiuti, includendo i metodi di raccolta, di trattamento e di smaltimento. Obiettivo della gestione integrata dei rifiuti è quello di elaborare soluzioni che consentano contemporaneamente di ottenere il massimo beneficio ambientale, l'ottimizzazione economica e l'accettabilità sociale [3].

Esistono però anche alcune differenze sostanziali tra la gestione integrata dei rifiuti e l'approccio di ciclo di vita. Primo fra tutti, il carattere particolarmente sitospecifico della prima, contrariamente alla generalità del secondo: ogni sistema integrato di gestione dei rifiuti deve infatti giungere alla definizione di un sistema pratico di gestione dei rifiuti sul territorio in questione, non in generale ma in modo specifico, mentre uno studio di LCA può consegnare risultati non legati al luogo e al momento specifico. Per ottenere una valutazione degli impatti ambientali complessivi associati alla gestione dei rifiuti a livello territoriale, tuttavia, risulta necessario considerare contributi concorrenti e non sempre coordinati tra i diversi attori coinvolti nelle fasi di raccolta, trasporto, recupero, riciclo e smaltimento. La modellazione del sistema in esame è un passaggio complesso, pertanto spesso gli studi di LCA in questo ambito subiscono semplificazioni, a vantaggio di una maggiore praticità e comprensione.

Ma quanto il compromesso tra completezza e praticità è accettabile?

Per rispondere a questa domanda, è stata condotta un'approfondita analisi degli articoli scientifici pubblicati recentemente sulle più importanti riviste internazionali di settore, che utilizzano la metodologia LCA per identificare e valutare gli impatti su salute umana ed ambiente associati alla gestione dei rifiuti in contesti europei. Obiettivo della ricerca è quello di raccogliere le raccomandazioni della comunità scientifica in merito alla conduzione di studi LCA nel settore della gestione dei rifiuti, al fine di ottenere risultati affidabili nella valutazione di diverse alternative ed evitare conclusioni confondenti.

2. Relazione

2.1 *Materiali e metodi*

Per conseguire gli obiettivi di ricerca formulati si è scelto di condurre una analisi critica della letteratura scientifica. Per ottenere risultati rappresentativi e consistenti, l'analisi della letteratura è stata condotta seguendo le raccomandazioni della comunità scientifica internazionale (in particolare, [4] e [5]). Gli step seguiti per condurre la ricerca sono riassunti in tabella 1. L'analisi dei risultati è stata condotta facendo riferimento alle fasi della metodologia LCA, rappresentate in figura 1.

| Step di ricerca | Risultati attesi | Criteri |
|-----------------|---|---|
| 1. Preselezione | Prima lista di articoli scientifici riferiti al tema di ricerca | <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzo di database internazionali: Scopus e ISI WOS • Parole chiave: "LCA", "WM" e loro sinonimi • Periodo di pubblicazione: 2007-2020 |
| 2. Scelta | Elenco definitivo degli articoli di interesse per la ricerca | <ul style="list-style-type: none"> • Analisi dell'abstract degli articoli della preselezione • Selezione degli articoli inerenti l'utilizzo di LCA nella gestione integrata dei rifiuti in Europa |

Segue

| Step di ricerca | Risultati attesi | Criteri |
|--------------------|---|--|
| 3. Classificazione | Classificazione degli articoli secondo elementi chiave | <ul style="list-style-type: none"> • Lettura completa degli articoli scelti • Classificazione degli articoli scelti, in base a: tipo di studio, scelte metodologiche, risultati ottenuti |
| 4. Analisi | Analisi dei contenuti e individuazione di elementi comuni | <ul style="list-style-type: none"> • Discussione dei casi analizzati, mediante l'analisi degli elementi concordati e discordanti • Sintesi delle raccomandazioni metodologiche |

Tab. 1 – Step della ricerca per l'analisi critica della letteratura

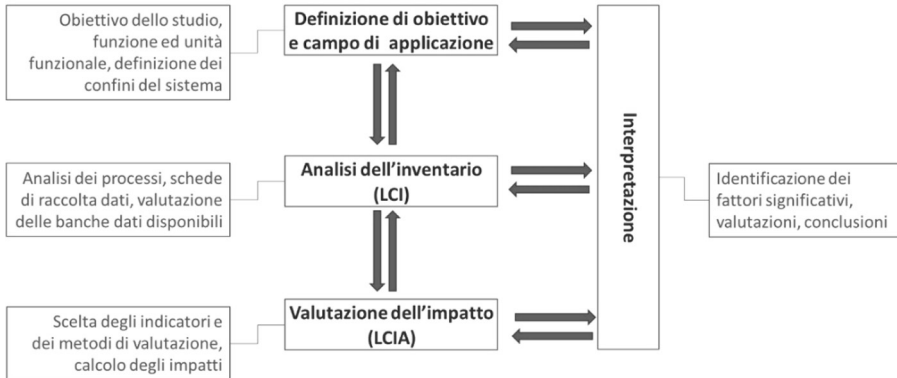


Fig. 1 – Fasi di uno studio di Life Cycle Assessment (elaborazione degli autori da [6])

2.2 Risultati

Al termine delle prime due fasi, gli articoli selezionati sono risultati complessivamente 20: 13 di questi sono relativi a casi studio singoli e 7 trattano casi studio multipli.

Gli articoli selezionati ed analizzati nella presente ricerca sono riportati in bibliografia con i seguenti riferimenti: [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

I criteri che maggiormente hanno permesso di selezionare gli articoli sono i seguenti:

- Paese: gli articoli riferiti a contesti europei sono stati inclusi nell'analisi, mentre articoli relativi a Paesi extra-europei sono stati esclusi. Questa scelta è legata al fatto che, volendo confrontare gli studi tra loro anche sulla base dei risultati di impatto ambientale relativo alla gestione dei rifiuti, le soluzioni di raccolta, trasporto, trattamento sono confrontabili nei diversi Paesi europei, mentre rischiano di essere troppo differenti per contesti extra-europei.

- Tipologia di gestione dei rifiuti: sono stati in particolare scelti articoli relativi alla gestione integrata dei rifiuti, includenti possibilmente tutte le fasi del ciclo di vita dei rifiuti e consideranti diverse tipologie di trattamento e recupero/riciclo. Sono stati quindi esclusi dall'analisi gli articoli inerenti esclusivamente specifiche modalità di trattamento.

- Tipologia di rifiuti: poiché l'ambito della ricerca è relativo ai rifiuti solidi urbani, sono stati inclusi articoli che considerano nell'unità funzionale i RSU, mentre sono stati tralasciati articoli inerenti altre tipologie di rifiuto (come ad esempio rifiuti sanitari, rifiuti industriali e rifiuti pericolosi).

Dall'analisi degli articoli selezionati, emerge come l'utilizzo della metodologia LCA nella gestione territoriale dei rifiuti è un tema di grande attualità: sebbene da oltre 10 anni vi siano studi al riguardo, tutt'oggi la tematica risulta di grande interesse nella comunità scientifica internazionale.

L'interesse verso questa tematica è piuttosto trasversale, dato che 7 riviste di diversi editori hanno pubblicato articoli inerenti LCA nella gestione integrata dei rifiuti negli ultimi 15 anni.

2.3 Principali caratteristiche degli studi LCA nella gestione integrata dei rifiuti

Facendo riferimento alla fase 1 degli studi LCA, negli articoli analizzati le applicazioni di LCA alla gestione dei rifiuti riguardano:

- La scelta tra diverse alternative di trattamento al fine di minimizzare gli impatti ambientali e i danni alla salute umana;
- La valutazione ambientale di diverse modalità di raccolta e trasporto dei rifiuti;
- Il confronto tra diverse soluzioni di gestione integrata con valutazioni di tipo ambientale ed economico;
- L'analisi della convenienza ambientale tra diverse opzioni di gestione dei rifiuti, inclusi trattamento, recupero, riciclo.

Per quanto riguarda funzione, unità funzionale, e confini del sistema:

- la funzione del sistema oggetto di studio, negli articoli analizzati, è il trattamento e la trasformazione del rifiuto in emissioni nell'ambiente e in prodotti che vengono generati dal trattamento stesso;
- l'unità funzionale più frequentemente scelta è la quantità di rifiuto trattato (es. 1 tonnellata) oppure un periodo temporale (es. 1 anno);
- il sistema in esame in genere comprende più fasi/impianti (es. pretrattamento, trattamento, stabilizzazione residui);
- i confini del sistema includono generalmente le fasi di raccolta, trasporto, trattamento (incluso anche recupero/riuso/riciclo), fine vita.

Con riferimento alla fase 2 della metodologia LCA, l'inventario del ciclo di vita (LCI) raccoglie i dati relativi allo studio e necessari all'analisi dei processi.

- Negli articoli analizzati, alcuni dati sono forniti dalle aziende coinvolte nella gestione dei rifiuti;
- spesso però i dati sono di tipo secondario, tratti da studi affini o da letteratura;
- in qualche caso i dati vengono stimati o ipotizzati, con ulteriore peggioramento della qualità dell'inventario.

La terza fase della metodologia LCA è la valutazione degli impatti (LCIA): essa ha il compito di convertire i dati di bilancio forniti dall'inventario in una serie di misure di impatto che permettano di valutare gli effetti ambientali del sistema in esame.

- Sono numerosi i metodi di valutazione a disposizione, che danno rilevanza ad aspetti ambientali caratteristici anche se non molto diversi;
- alcuni metodi di valutazione sembrano essere più adatti per quantificare gli impatti associati ai processi di gestione dei rifiuti;
- le numerose pubblicazioni scientifiche relative a studi di LCA per specifici processi/tecniche di trattamento sono un'ottima guida per impostare la fase di LCIA in modo affidabile.

I risultati della valutazione degli impatti necessitano sempre di un'interpretazione, che richiede trasparenza e giudizio e, per sua natura, rappresenta la fase più delicata di uno studio LCA.

- L'interpretazione dei risultati deve iniziare con la comprensione dell'accuratezza dei risultati, assicurando che essi incontrino l'obiettivo dello studio: questo si ottiene individuando gli elementi di dati che contribuiscono notevolmente a ciascuna categoria di impatto, valutando la sensibilità dei dati, la completezza e consistenza dello studio e giungendo a conclusioni e raccomandazioni basate su una chiara comprensione di come è stata condotto lo studio LCA.

- I risultati dei casi studio selezionati suggeriscono, in particolare, che i miglioramenti implementati in ogni scenario non sono necessariamente associati a miglioramenti proporzionali in

tutte le categorie di impatto, ma possono tradursi in situazioni di spostamento degli oneri, la quale richiede una discussione accurata su pro e contro.

2.4 Raccomandazioni derivanti dalla letteratura scientifica

Dall'analisi della recente letteratura emergono alcune considerazioni che, in modo coerente e concorrente, si trovano confermate in molti degli studi analizzati. Tali raccomandazioni, sintetizzate di seguito, pongono attenzione agli aspetti più critici dell'applicazione di LCA alla gestione integrata dei rifiuti. Se correttamente considerate, tali raccomandazioni possono aiutare chi svolge studi di LCA in questo ambito ad evitare errori metodologici, così da ottenere risultati più robusti ed attendibili.

Nella definizione di scopo e campo di applicazione è fondamentale considerare flussi in ingresso e in uscita, sia di tipo diretto che indiretto, e formulare scenari di gestione plausibili con il contesto geografico, economico e comportamentale di riferimento.

È fondamentale formulare contesti di studio attendibili e quanto più possibilmente fedeli alla realtà: scelte inadeguate nella rappresentazione dei parametri che hanno la maggiore influenza sui potenziali di impatto, possono portare a conclusioni distorte nel processo decisionale.

Nella fase di inventario, la disponibilità di informazioni puntuali relative al contesto geografico è cruciale, avendo effetti sui dati relativi a tutte le fasi della gestione integrata.

- Risulta importante modellare il sistema utilizzando dati specifici del sito, considerando opzioni e scenari reali o quantomeno realistici, che includano una serie di condizioni ambientali locali, fattori economici e sociali/comportamentali.

- Le specificità del contesto oggetto di studio sono fondamentali anche nella fase di valutazione degli impatti, per definire i modelli ambientali e assegnare le priorità agli indicatori ambientali.

- La valutazione dell'impatto deve dare contezza degli effetti su ambiente e salute che le alternative di gestione determinano, con orizzonte temporale di medio e di lungo periodo.

- Si suggerisce l'accoppiamento al modello LCA di un'analisi economica relativa alle diverse casistiche considerate, al fine di coadiuvare la presa di decisioni informate da parte dei gestori dei rifiuti.

- Gli scenari alternativi di gestione dei rifiuti devono tenere conto di scelte normative, tecniche e comportamentali, che spesso è difficile includere nel sistema: di questo va tenuto conto nella fase di interpretazione dei risultati, al fine di valutare gli effetti di ogni semplificazione sui risultati ottenuti.

- I risultati di uno studio LCA possono risultare non facilmente accettabili da alcune categorie di stakeholder, pertanto ogni fase dell'analisi richiede la massima trasparenza e partecipazione.

- Tra le opzioni di gestione, dovrebbe essere inclusa anche la prevenzione dei rifiuti, in quanto una diminuzione quantificabile della loro produzione sarebbe chiaramente associata a una diminuzione quantificabile degli impatti ambientali.

3. Conclusioni

L'analisi critica della recente letteratura scientifica ha consentito l'approfondimento di numerosi studi di LCA applicati alla gestione integrata dei rifiuti nei Paesi europei. Dai risultati emergono alcuni elementi chiave che, se trascurati, compromettono la validità di uno studio LCA in questo ambito: l'articolo ha cercato di riassumere le principali raccomandazioni emergenti dalla comunità scientifica, a mo' di linee guida per una coerente e consistente applicazione della metodologia LCA al complesso ambito della gestione integrata dei rifiuti.

Rimangono però anche altri spunti di riflessione, che per la loro complessità non hanno già risposte risolutive e rappresentano un punto di partenza per ulteriori progetti di ricerca.

La percezione dei problemi ambientali legati al trattamento dei rifiuti e della loro importanza relativa è anche la rappresentazione di una scala di valori etici e, in quanto tali, non assoluti e dipendenti dal momento storico. Se si pensa che lo scopo della LCA è quello di riassumere in pochi numeri scientificamente validi le complesse interazioni con l'ambiente, diventano subito evidenti le difficoltà esistenti per la definizione di un metodo standard ed univocamente accettato. Uno dei problemi che spesso si pone quando si confrontano due modalità di trattamento o due tecnologie diverse, aventi le medesime funzioni, è quello di decidere se sia preferibile quello che presenta una ridotta emissione specifica a spese di un incremento di altre emissioni; per giungere a delle conclusioni affidabili è necessario disporre di fattori di caratterizzazione che legano ogni singola emissione ad uno o più specifici problemi ambientali e di un sistema di pesi che consenta di paragonare tra loro le differenti categorie di impatto. I risultati di uno studio LCA sono utili a comprendere gli impatti associati alla gestione dei rifiuti, ma non sono sufficienti da soli a guidare le scelte di gestione integrata sul territorio: per questo vanno integrati con considerazioni che includano costi, fattibilità e prestazioni. Molti fattori vincolanti nel *decision making* della gestione integrata dei rifiuti, come la legislazione emergente, le agende politiche, l'accettazione sociale e le pressioni dell'opinione pubblica, non sono inclusi nella metodologia LCA: di conseguenza, la valutazione degli impatti ambientali con LCA può essere un utile strumento se utilizzato a supporto di un processo decisionale partecipato.

Bibliografia

- [1] Campitelli A., Schebek L., 2019. "How is the performance of waste management systems assessed globally? A systematic review", *Journal of Cleaner Production*, 272, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122986> (in press, available on line)
- [2] Mazzi A., 2020. "Introduction. Life cycle thinking", in Ren J., Toniolo S. (Eds) "Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making: Methodologies and Case Studies", Elsevier, ISBN: 9780128183557, pp. 1-19
- [3] Rigamonti L., Taelmanb S.E, Huysveldb S., Sfezb S., Ragaertc K., Dewulf J., 2020, "A step forward in quantifying the substitutability of secondary materials in waste management life cycle assessment studies", *Waste Management*, 114, 331-340
- [4] Luederitz C., Meyer, M., Abson D.J., Gralla F., Lang D.J., Rau A.L., von Wehrden H, 2016, "Systematic student-driven literature review in sustainability science—An effective way to merge research and teaching", *Journal of Cleaner Production*, 119, 229-235
- [5] Mazzi A., Toniolo S., Manzardo A., Ren J., Scipioni A., 2016, "Exploring the direction on the environmental and business performance relationship at the firm level. Lessons from a literature review", *Sustainability* 8, 1200, DOI: 10.3390/su8111200
- [6] ISO, 2006, ISO 14040: Environmental Management — Life Cycle Assessment — Principles and Framework, International Organization for Standardization, Geneva, pp. 1-28
- [7] Arena U., Ardolino F., Di Gregorio F., 2015, "A life cycle assessment of environmental performances of two combustion and gasification-based waste-to-energy technologies", *Waste Management*, 41, 60-74
- [8] Beyot A., Hochar A., Michel P., Descat M., Mènard Y., Villeneuve J., 2018, "Municipal Solid Waste Incineration in France: An Overview of Air Pollution Control Techniques, Emissions, and Energy Efficiency", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 22, 5, 1016-1026
- [9] Beylot A., Villeneuve J., 2013, "Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: A comparison of 110 French incinerators using a life cycle approach", *Waste Management*, 33, 2781-2788
- [10] Bisinella V., Geotze R., Conradsen K., Damgaard A., Christensen T.H., Astrup T.F., 2017, "Importance of waste composition for Life Cycle Assessment of waste management solutions", *Journal of Cleaner Production*, 164, 1180-1191
- [11] Borghi G., Pantini S., Rigamonti L., 2018, "Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy)", *Journal of Cleaner Pro-*

duction, 184, 815-825

- [12] Cherubini F, Bargigli S., Ulgiati S., 2009, "Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration", *Energy*, 34, 2116-2123
- [13] Di Maria F, Micale C., 2014, "A holistic life cycle analysis of waste management scenarios at increasing source segregation intensity: The case of an Italian urban area", *Waste Management* 34, 2382-2392
- [14] Haupt M., Kägi T., Hellweg S., 2018, "Modular life cycle assessment of municipal solid waste management", *Waste Management*, 79, 815-827
- [15] Huber F, Laner D., Fellner J., 2018, "Comparative life cycle assessment of MSWI fly ash treatment and Disposal", *Waste Management*, 73, 392-403
- [16] Lombardi L., Carnevale A.E., 2018, "Evaluation of the environmental sustainability of different waste-to-energy plant configurations", *Waste Management* 73, 232-246
- [17] Manfredi S., Tonini D., Christensen T.H., 2011, "Environmental assessment of different management options for individual waste fractions by means of life-cycle assessment modelling", *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 995-1004
- [18] Margallo M., Cobo S., Laso J., Fernandez A, Munoz E., Santos E., Aldaco R., Irabien A., 2019, "Environmental performance of alternatives to treat fly ash from a waste to energy plant", *Journal of Cleaner Production*, 231, 1016-1026
- [19] Merrill H., Larsen W.A., Christensen H.T., 2020, "Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances", *Waste Management*, 32, 1009-1018
- [20] Morselli L., De Robertis C., Luzi J., Passarini F, Vassura I., 2008, "Environmental impacts of waste incineration in a regional system (Emilia Romagna, Italy) evaluated from a life cycle perspective", *Journal of Hazardous Materials*, 159, 505-511
- [21] Quirós R., Gabarrell X., Villalba G., Barrena R., García A., Torrente J., Font X., 2015, "The application of LCA to alternative methods for treating the organic fiber produced from autoclaving unsorted municipal solid waste: case study of Catalonia", *Journal of Cleaner Production*, 107, 516-528
- [22] Ripa M., Fiorentino G., Vacca V., Ulgiati S., 2017, "The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy)", *Journal of Cleaner Production*, 142, 445-460
- [23] Rosado L.P., Vitale P., Penteadó C.S.G., Umberto A., 2019, "Life cycle assessment of construction and demolition waste management in a large area of São Paulo State, Brazil", *Waste Management*, 85, 477-489
- [24] Strazza C., Magrassi F., Gallo M., Del Borghi A., 2015, "Life Cycle Assessment from food to food: A case study of circular economy from cruise ships to aquaculture", *Sustainable Production and Consumption*, 2, 40-51
- [25] Toniolo S., Mazzi A., Garato V.G., Aguiari F, Scipioni A., 2014, "Assessing the 'design paradox' with life cycle assessment: A case study of a municipal solid waste incineration plant", *Resources, Conservation and Recycling*, 91, 109-116
- [26] Yay S.E., 2015, "Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya", *Journal of Cleaner Production*, 94, 284-293

Opportunità e sfide per la ricerca nella transizione verso una bio-economia circolare

Carla Mazziotti Gomez de Teran⁽¹⁾, carla.mazziotti@cnr.it, *Antonio Fardelli*⁽²⁾,
Alessandra Mascioli⁽²⁾, *Massimo Mari*⁽²⁾

⁽¹⁾ Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dip. Ingegneria ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti;

⁽²⁾ Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

Abstract

Nell'attuale fase di transizione da un modello di produzione e consumo lineare ad uno di tipo circolare, la gestione dei rifiuti, alla luce dell'eccezionale trasversalità della materia, detiene un ruolo fondamentale e strategico per l'applicazione dei principi dell'economia circolare (non solo riduzione scarti e valorizzazione dello spreco d'uso, ma anche ecodesign, sfruttamento 'in cascata' di materie prime rinnovabili e allungamento del ciclo di vita dei prodotti, ...).

La pandemia ha poi ulteriormente evidenziato le carenze attuali del contesto infrastrutturale (trasporti, catene di approvvigionamento e logistica / gestione dei rifiuti / digitalizzazione, intelligenza artificiale e IoT) rafforzando il desiderio di una trasformazione che non nasce solo dalle amministrazioni pubbliche, ma anche dall'influenza degli stili di consumo e dalle mutate necessità del settore privato. Al riguardo è auspicabile che nel prossimo futuro questa profonda trasformazione possa assumere un ruolo determinante nella riduzione del rischio industriale e dell'impatto economico legato ai cambiamenti climatici.

Summary

Nowadays, waste management has a role of fundamental importance for the application of the principles of the circular economy, in light of the exceptional transversal nature of the subject, (not only waste reduction and enhancement of waste in use, but also ecodesign, "cascade" exploitation of renewable raw materials and delay of the end of life of products, ...).

The pandemic health crisis then further highlighted the inadequacies of the infrastructural context (transport, supply chain and logistics sector / waste management / digitization, artificial intelligence and IoT), strengthening the desire for a transformation that does not arise only from Institutions, but also from the influence of private consumption. This will hopefully also play a key role in reducing industrial risk and the economic impact associated with climate change.

1. Introduzione

Le attuali condizioni economiche ed ambientali, caratterizzate da evidenti squilibri e marcate criticità a livello globale, implicano la necessità di apportare radicali cambiamenti all'attuale sistema di produzione e consumo, ormai palesemente insostenibile.

Secondo i principi propri dell'economia circolare (CE) il materiale a fine vita viene utilizzato come una risorsa da reimpiegare nuovamente all'interno di un nuovo ciclo produttivo. Si

sviluppano così catene di approvvigionamento a circuito chiuso con percorsi di ricircolo a cascata in cui gli impatti ambientali sono ridotti al minimo. Il paradigma dell'economia circolare ha infatti il vantaggio di integrare i principi di sostenibilità ambientale, specialmente con riferimento alla gestione dei rifiuti, senza compromettere, ed in alcuni casi favorendo ritorni di tipo economico. Oltre a minimizzare gli impatti ambientali, questo sistema consente di ridurre la dipendenza dalle importazioni e di generare nuovi settori economici con possibilità produttive finora mai esplorate [1].

Il successo senza precedenti della transizione verso una bio-economia circolare, come auspicato dalla Commissione Europea e l'Agenzia Europea dell'Ambiente, si ritiene possa svolgere un ruolo chiave anche nella riduzione del rischio industriale e dell'impatto economico legato ai cambiamenti climatici. In effetti, la sostituzione del presente modello produttivo lineare per sviluppare un modello produttivo a basse emissioni di carbonio, più efficiente sotto il profilo delle risorse e competitivo rappresenta un'opportunità anche per limitare l'utilizzo di sostanze chimiche pericolose nei cicli produttivi industriali. A ciò si aggiunge che lo sviluppo tecnologico con applicazioni intelligenti è fondamentale, per affrontare l'attuale crescente domanda di servizi sanitari (telemedicina) e di beni (e-commerce), ecc. La crisi sanitaria, quindi, ha messo in luce le fragilità del sistema dell'approvvigionamento e la necessità di un'ulteriore e più rapida digitalizzazione e ottimizzazione dei processi e delle operazioni, ma al tempo stesso rappresenta un'opportunità per fornire servizi di qualità e affrontare le sfide dei mercati in rapida evoluzione.

Inoltre, come vedremo nel paragrafo seguente alcune innovazioni generate da questa consapevolezza ambientale possono contribuire alla riduzione del rischio di incidente rilevante.

2. L'industria chimica

In Italia sono presenti circa 2.810 installazioni chimiche (Federchimica, 2017). Le principali installazioni di rilevanza nazionale, ossia quelle che superano le soglie in **Tab. 1**, sono autorizzate all'esercizio dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, mentre le rimanenti sono autorizzate dalle Autorità competenti locali. Tali installazioni sono solitamente ubicate in siti produttivi altamente integrati (**Fig. 1**), ad es. il quadrilatero industriale di Porto Marghera, Mantova, Ferrara e Ravenna, per condividere le reti di fornitura, i servizi di stoccaggio, la logistica, ecc. (MATTM, 2020).

In linea generale la normativa sulle emissioni industriali di cui alla Direttiva 2010/75/UE, avendo a riferimento i documenti della Commissione Europea sulle Conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT), assicura la prevenzione e la riduzione delle emissioni, nonché la prevenzione degli incidenti, attraverso il controllo e l'ottimizzazione delle condizioni di esercizio.

Coopera con tale quadro normativo l'accreditamento a carattere volontario alla certificazione ISO 14001 e al Regolamento comunitario n. 1221/2009 (EMAS) con l'adesione delle Società ad un sistema di ecogestione e audit. Si rileva in proposito che la maggior parte degli impianti in tabella 1 è certificata ISO 14001. Il conseguente monitoraggio delle emissioni e delle prestazioni ambientali in adempimento alle prescrizioni dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA) costituisce un prezioso strumento per individuare specifiche situazioni che potranno essere oggetto di successive valutazioni ed eventualmente di ulteriori misure di manutenzione e di rimodernamento. Si sottolinea poi l'importanza del Sistema di Gestione Ambientale (SGA), che rappresenta un importante strumento per assicurare la tutela dell'ambiente nel contesto della normativa in materia di AIA e di controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con l'utilizzo di sostanze pericolose (Seveso). Ulteriori progressi in campo ambientale sono anche legati allo sviluppo della sensoristica. E all'installazione di sistemi integrati in

grado di raccogliere grandi quantità di dati in tempo reale sui processi e sui sistemi produttivi per l'ottimizzazione degli impianti, la manutenzione tempestiva, la sicurezza e la tutela delle condizioni di lavoro. La velocità di elaborazione per mezzo di software di analisi e algoritmi di apprendimento automatico (*machine learning*) e l'aumentata capacità di memorizzazione dei dati acquisiti consentono di velocizzare efficacemente i processi gestionali istaurando un circolo virtuoso.

3. Bio-economia circolare e riduzione del rischio

Nel 2015 sono state inserite le definizioni di “rischio” inteso come “effetto dell'incertezza” e di “rischio e di opportunità” intesa come “potenziali effetti negativi (minacce) e potenziali effetti positivi (opportunità)” nella norma tecnica ISO 14001. Con tali modifiche si compie un importante passo in avanti verso una lettura coordinata della normativa tecnica con quella della Direttiva 2012/18/UE (Seveso III). La Direttiva Seveso intende, infatti, il concetto di “rischio” come “la probabilità che un determinato evento si verifichi in un dato periodo o in circostanze specifiche”. A tal fine sono inoltre esplicitamente richiamate le problematiche legate alla prevenzione dall'inquinamento; l'uso di risorse sostenibili; la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici; la protezione della biodiversità e degli ecosistemi.

Esiste poi un'importante sinergia tra il Regolamento REACH (registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche) e le Direttive IED e Seveso in ambito industriale: nelle installazioni industriali possono essere impiegate, prodotte o presenti sostanze chimiche in quantità tali da avere un impatto diretto sui potenziali rischi. A tal fine sono adottate misure di minimizzazione delle emissioni e/o misure di gestione del rischio. L'inventario delle sostanze chimiche presenti è un elemento chiave nella prospettiva dell'economia circolare. In effetti, il Regolamento CLP relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele, è complementare al Regolamento REACH, ed è lo strumento atto ad evidenziare la pericolosità di alcune sostanze chimiche in uso.

| Classe di prodotto | Soglie (Gg/anno) | Installazioni chimiche con AIA rilasciata dal MATTM (attività principale)** |
|---|---------------------|---|
| (a) idrocarburi ossigenati, ad es. alcoli, aldeidi, chetoni, ecc.. | 200 | 6 |
| (c) idrocarburi solforati | 100 | - |
| (d) idrocarburi azotati, segnatamente ammine, amidi, composti nitrosi, ecc. | 100 | 1 |
| (e) idrocarburi fosforosi | 100 | - |
| (f) idrocarburi alogenati | 100 | 2 |
| (g) composti organometallici | 100 | - |
| (h) materie plastiche di base (polimeri, fibre sintetiche, fibre a base di cellulosa) | 100 | 8 |
| (i) gomme sintetiche | 100 | 2 |
| (l) gas, ad es. ammoniacca, cloro, ecc. | 100 | 2 |
| (m) acidi, ad es. acido cromico, acido fluoridrico, ecc. | 100 | 4 |
| (n) basi, quali idrossido d'ammonio, ecc. | 100 | 1 |

Segue

| Classe di prodotto | Soglie | Installazioni chimiche con AIA rilasciata dal MATTM |
|--|--------|---|
| (o) fertilizzanti a base di fosforo, azoto, o potassio | 300 | *** |

* Le soglie della tabella sono riferite alla somma delle capacità produttive relative ai singoli composti che sono riportati in un'unica riga.

** Le grandi installazioni con AIA rilasciata dal MATTM, comprendono più attività; pertanto, l'Autorità competente decide caso per caso quali Conclusioni sulle BAT ritiene rilevanti. Nella presente tabella l'attività principale è preliminarmente selezionata tenendo conto dell'AIA e, se più attività sono svolte nello stesso impianto, la selezione viene effettuata in base alla natura economica, alle dimensioni e all'impatto ambientale dell'attività. Tuttavia, tale valutazione deve essere confermata dall'autorità competente.

*** La produzione di fertilizzanti viene effettuata insieme a quella di basi o acidi.

Tab. 1 – Impianti chimici con capacità produttiva complessiva annua per classe di prodotto, espressa in milioni di chilogrammi, superiore alle soglie di seguito indicate



Fig. 1 – Distribuzione geografica degli impianti con Autorizzazione Integrata Ambientale rispettivamente rilasciata dal MATTM e dalle Autorità locali (Fonte: ISPRA, 2018; MATTM, 2018)

A seguito dell'adozione del Regolamento CLP e in esito alle procedure periodiche per la valutazione della conformità normativa di cui alla norma tecnica ISO 14001, alcuni operatori nazionali si sono impegnati nell'utilizzo di sostanze chimiche non pericolose e di "alternative più ecologiche" di quelle in uso, chiedendo di aggiornare l'autorizzazione AIA conseguentemente (MATTM, 2020).

Nel medio termine, è auspicabile la ricerca di nuove possibilità di utilizzo di sostanze biologiche e rinnovabili nei processi produttivi dell'industria chimica, la valorizzazione delle biotecnologie e dell'Intelligenza Artificiale e dell'IoT per l'ottimizzazione delle infrastrutture dell'economia circolare.

Alla luce di ciò, vedremo nel seguito un esempio di sostituzione di sostanze contenute nei prodotti per la pulizia della persona e della casa, i silossani, con altre a tutela della salute umana e per la prevenzione del rischio di incidenti. Riepilogheremo poi il complesso quadro della gestione dei rifiuti in plastica alla luce delle precauzioni adottate nel contesto della pandemia.

3.1 Sostituzione di sostanze organiche con altre a tutela della salute umana

Analizzando la letteratura, emerge un forte interesse per i silossani impiegati nei prodotti per la pulizia della casa, nei cosmetici per la cura della persona, come ad esempio bagnoschiuma,

shampoo e deodoranti, nonché come additivi. Nello specifico si fa riferimento in particolare del ottametilciclotetrasilossano (D4), decametilciclopentasilossano (D5) e dodecetilcicloesasilossano (D6), sostanze a struttura ciclica altamente infiammabili, impiegate per la loro volatilità e perché lasciano sulla pelle una sensazione di piacevolezza e di asciuttezza. Bisogna tuttavia porre attenzione all'esposizione umana di sostanze presenti nei prodotti anche in modeste quantità. Gli studi condotti hanno, infatti, evidenziato che il D4 è una sostanza persistente, bioaccumulabile e tossica (PBT), il D5 è molto persistente e molto bioaccumulabile (vPvB) [3 e 4]. A valle di specifici approfondimenti, nel 2018 l'ECHA ha considerato D4 e D5 sostanze estremamente preoccupanti (SVHC) e li ha banditi a partire dal 31 gennaio 2020.

La produzione dei silossani ciclici ricade nel settore della produzione di prodotti chimici organici di grande volume (LVOC), il cui documento sulle Conclusioni sulle BAT è stato adottato nel 2017. In Europa i silossani sono prodotti in elevate quantità (> 1000 tonnellate/anno) (ISPRA, 2020).

In proposito si rileva che D4, D5 e D6 possono essere efficacemente sostituiti con materiali lipidici di origine vegetale, ad esempio le sostanze chimiche estratte dalle alghe, in quanto adatte alla formulazione di cosmetici, contribuendo al rispetto delle Migliori Tecniche Disponibili per il settore chimico, nonché alla prevenzione del rischio industriale.

3.2 La difficile gestione dei rifiuti di plastica nel contesto di pandemia

In un contesto di pandemia COVID-19 è stato favorito l'utilizzo di sistemi di protezione individuale monouso (mascherine, camici e guanti) come difesa più affidabile ed economica contro l'infezione e la trasmissione del virus. Inoltre, la pandemia ha portato alla luce le fragilità del settore delle catene di approvvigionamento e della logistica. Migliorare tali filiere è essenziale per garantire la transizione verso fonti energetiche rinnovabili e garantire la reperibilità dei prodotti provenienti anche da molto lontano. Nonostante le restrizioni e le indicazioni sanitarie, beni essenziali, come forniture mediche, prodotti alimentari, prodotti agricoli, ecc. hanno spesso continuato a raggiungere i consumatori di tutto il mondo. Per superare i blocchi tra paesi sono stati adottati ulteriori accorgimenti che hanno indotto un plausibile aumento della produzione di rifiuti di imballaggi in plastica. Il timore legato alla possibilità di essere infettati dal virus, hanno spesso indirizzato tali rifiuti in circuiti differenti da quelli del riciclo. La percezione della superiorità igienica della plastica monouso o dell'utilizzo singolo rispetto ad altre alternative riutilizzabili ha favorito la scelta di imballaggi in plastica e contenitori alimentari di plastica monouso. Ciò ha comportato un aggravio delle procedure di gestione e smaltimento dei rifiuti di plastica [5].

Le misure adottate nel contesto della pandemia sono chiaramente in controtendenza alle recenti disposizioni comunitarie (Direttiva 2019/904). A partire dal 2021 dovrà, infatti, essere significativamente vietato l'utilizzo di alcuni prodotti di plastica monouso, come ad esempio le stoviglie e contenitori alimentari, nonché altri materiali contenenti le sostanze ingeribili dalle specie marine e particolarmente dannose per l'ambiente acquatico.

Circa il 90% delle bottiglie di plastica dovrà essere raccolto dagli Stati membri entro il 2029. Inoltre, le bottiglie in PET dovranno contenere almeno il 25% di contenuto riciclato entro il 2025 e il 30% entro il 2030. Il riciclaggio delle materie plastiche è più comunemente ottenuto mediante processi meccanici e, in misura molto inferiore, attraverso trattamento chimico. Il riciclaggio meccanico della plastica include la pulizia, molatura, fusione e granulazione. La contaminazione incrociata legata alla presenza di più polimeri, la presenza di eventuali additivi, impurità di origine inorganica, l'eventuale degradazione parziale del polimero sono alcuni dei principali vincoli per il riciclaggio meccanico dei rifiuti di plastica. Nei processi di riciclaggio chimico la plastica viene scissa in monomeri da riutilizzare come materie prime

seconde. I rifiuti di plastica possono anche essere recuperati impiegandoli come combustibili; in questo caso si parla invece di *downcycling*.

In linea generale la “responsabilità estesa del produttore” (chi inquina paga), di cui alle direttive sull’economia circolare, incentiva la produzione di prodotti e imballaggi adatti all’utilizzo multiplo ovvero possibilmente “in cascata”. Con ciò si intende anche ridurre i tassi di emissione di gas serra e il consumo energetico complessivo dell’intero sistema.

Anche la certificazione ISO 14001, nella versione del 2015, prevede che l’organizzazione, si ponga nella prospettiva del ciclo di vita nel determinare gli aspetti ambientali.

Si rileva tuttavia che il crollo dei prezzi del petrolio durante COVID-19 ha comportato il contestuale tracollo del valore della materia prima seconda, compromettendo il vantaggio economico legato al recupero (EEA, 2020).

Si ritiene quindi necessario ripensare e migliorare il funzionamento delle catene di valore così complesse aumentando la resilienza delle città, mantenendo il benessere delle popolazioni urbane, pur in condizioni di distanziamento sociale. A tal proposito, per quello che riguarda la fase di trasporto/consegna, il peso del pacco, la durata del servizio, il grado di riciclabilità, il numero totale di parti riutilizzabili nel pacco e la quantità totale di prodotti trasportati per viaggio, la possibilità di praticare la logistica di ritorno, sono alcuni degli elementi che possono influire sui costi sia economici che ambientali dei contenitori riutilizzabili [6].

Inoltre, le pratiche basate sull’IoT e l’adozione di piattaforme evolute per l’e-commerce consentono di utilizzare sempre di più un ambiente digitale per la gestione dell’e-commerce, con possibilità di rafforzare ulteriormente il controllo qualità, la tracciabilità, la gestione delle infrastrutture, ecc. Nel lungo periodo ciò comporterebbe effetti benefici sull’ambiente rafforzando i modelli di business circolari.

Questa esigenza, nell’auspicata fase di transizione verso un modello economico di tipo circolare, appare ancor più sentita nel contesto europeo dove la scelta di adottare una governance di tipo “soft”, rispetto a quella di tipo “hard” propria della Cina, conferisce al comportamento del singolo imprenditore / consumatore un ruolo di grande responsabilità, specialmente nell’attuale quadro socio-economico, caratterizzato dalla mancanza di adeguati indicatori in grado di rappresentare in modo chiaro e trasparente la circolarità dei processi e dei prodotti [7].

4. Conclusioni e prospettive di ricerca

Il Piano d’azione per l’economia circolare del Green Deal europeo mira a disaccoppiare la crescita economica dall’utilizzo delle risorse attraverso la progettazione di prodotti sostenibili a partire dalle fonti rinnovabili e dall’impiego delle materie prime seconde, allo stato solo parzialmente sfruttate [8]. La transizione all’economia circolare potrebbe portare a un aumento netto di posti di lavoro qualificati, quantificati in 700.000 dal 2030. Questo costituirebbe una preziosa opportunità di ripartenza dopo la crisi legata alla pandemia. L’attuazione del modello di bio-economia circolare, dal canto suo, necessita di un deciso e tempestivo rafforzamento delle prospettive di ricerca volto all’introduzione di materiali di origine naturale in nuovi ed avanzati cicli produttivi. È, inoltre, necessario favorire l’innovazione nel campo delle biotecnologie e l’ottimizzazione delle infrastrutture, anche attraverso l’applicazione delle tecnologie intelligenti (intelligenza artificiale e IoT) per individuare altre possibili soluzioni sostenibili.

Bibliografia

- [1] **E. MacArthur - Ellen MacArthur Foundation** (2013) Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition Cowes, UK, 2013
- [2] **Mazziotti Gomez de Teran C., Fardelli A., Millucci L. e Mari M.** (2020) Perspectives in environmental management in the light of the implementation of bio- circular economy principles. e-proceedings 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and

- Management Conference (ESREL2020 PSAM15) Research Publishing Services ISBN TBA
- [3] **Schilling C. e Weiss S.** (2020) A Roadmap for Industry to Harness Biotechnology for a More Circular Economy, New Biotechnology, DOI: 10.1016/j.nbt.2020.08.005
- [4] **Mojsiewicz-Pieńkowska K. e Krenczkowska D.** (2018): Evolution of consciousness of exposure to siloxanes — review of publications *Chemosphere*, 191, 204-217 DOI:10.1080/19440049.2012.684891
- [5] **Vanapallia K.R., Sharma H.B., Ranjan V.P., Samal B., Bhattacharya J., Dubey B.K., Goelb S.** (2021) Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic *Sci. Total Environ.* 750, 1 gennaio 2021, 141514 DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141514
- [6] **Mahmoudi M. e Parviziomran I.** (2020) Reusable packaging in supply chains: A review of environmental and economic impacts, logistics system designs, and operations management *International Journal of Production Economics*, 228, 107730 DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107730
- [7] **Mari M., Millucci L., Fardelli A., e Mazzioti Gomez De Teran C.** (2020) Circular bio-economy growth to face the increasing industrial risk triggered by climate change. e-proceedings 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (ESREL2020 PSAM15) Research Publishing Services ISBN TBA
- [8] **Commissione europea** (2020) Piano d'azione per l'economia circolare del Green Deal europeo Comunicazione COM (2020) 98 final

Sitografia

- [1] **Federchimica** (2017) L'industria chimica in Italia Rapporto 2017-2018, , accessibile alla pagina web <http://www.federchimica.it/>
- [2] **Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio - MATTM, Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali VAS - VIA – AIA**, accessibile alla pagina web <http://www.va.minambiente.it/>
- [3] **ISPRA** (2020) Restrizione dei silossani D4 e D5, sostanze chimiche utilizzate nei prodotti per la cura della persona, accessibile alla pagina web <http://www.isprambiente.gov.it/>
- [4] **EEA** (2020) Explore what we know, accessibile alla pagina web <http://www.eea.europa.eu>

Re.MARE: Una Rete per il MARE

*Antonino Miccio direttore@nettunoamp.it, Caterina Iacono
Area Marina Protetta “Regno di Nettuno”, Ischia Procida e Vivara (NA)*

Riassunto

Re.MARE, è un progetto realizzato in partenariato fra le Aree Marine Protette e le Associazioni di Categoria del comparto pesca grazie all’opportunità fornita dalla Regione Campania attraverso un Bando PO FEAMP 2014/2020 Misura 1.40 e rappresenta un’innovazione per molteplici aspetti. Esso anticipa le buone prassi di raccolta e smaltimento dei rifiuti accidentalmente recuperati in mare durante le attività di pesca costituendo, di fatto, l’applicazione di una legge in via di approvazione, il DDL 1571 “legge SalvaMare”. Per la prima volta si è attivata una sinergia fra Enti Pubblici ed operatori economici che ha coinvolto l’intero territorio regionale in un’azione di sistema unica nel suo genere in quanto sperimentazione di una metodologia non ancora applicata in precedenza.

Summary

Re.MARE is a project realized in partnership between the Marine Protected Areas and the Trade Association of the fishing sector due to the opportunity provided by the Campania Region through a PO FEAMP 2014/2020 Measure 1.40 and it represents an innovation in many ways. It anticipates the good practices of collection and disposal of waste accidentally recovered at sea during fishing activities constituting, practically, the application of a law being approved, the DDL 1571 “Salvamare law”. For the first time a synergy has been activated between Public Authorities and economic operators that has involved the entire regional territory in a unique system action as experimentation of a methodology not yet applied previously.

1. Introduzione

“C’è un tempo per pescare e un tempo per asciugare le reti”, sentenza un vecchio proverbio. Non è semplice tracciare un bilancio del progetto Re.MARE, senza tener conto delle condizioni e del contesto in cui è stato svolto. La Campania, regione ricca di contraddizioni, caratterizzata da un ampio e variegato patrimonio naturalistico e culturale ed anche patria di molteplici eccellenze note a livello mondiale è tuttavia segnata da profonde ferite legate all’uso indiscriminato delle risorse ed all’illegalità diffusa soprattutto in settori collegati all’ambiente a diversi livelli, come ben approfondito nell’annuale report di Legambiente “Mare Monstrum 2020” in cui è spesso riportata al primo posto nelle statistiche dei dati raccolti fra il 1 gennaio ed il 31 dicembre 2019 riferiti alle infrazioni accertate dalle forze dell’ordine. In questo contesto l’attuazione di progetti ad ampia scala riguardanti la salvaguardia ambientale risulta un pò più difficoltosa, ma non impossibile da realizzare. In questo senso ReMARE ha rappresentato una sfida a vari livelli che i pescatori, i veri protagonisti del progetto e custodi dell’ambiente marino per eccellenza, hanno deciso di affrontare immergendosi completamente e con particolare cura nell’operazione di bonifica ad essi affidata, raggiungendo ottimi risultati.



2. Relazione

2.1 *Idea Progettuale*

L'esigenza di coinvolgere gli operatori commerciali che vivono della risorsa marina nelle attività di tutela ambientale delle AMP ha dato il via ad una prima sperimentazione di un mese svolta sia nell'AMP Regno di Nettuno che nell'AMP Punta Campanella a novembre 2018, con il contributo della Città Metropolitana di Napoli per la pulizia delle acque superficiali destinato ai Comuni della fascia costiera. Il progetto chiamato "InRete" ha contribuito alla nascita della collaborazione dei pescatori artigianali autorizzati e le AMP, con risultati estremamente soddisfacenti ed un grande coinvolgimento degli operatori che si sono sentiti finalmente parte attiva nella tutela dell'elemento di cui vivono.

L'idea alla base di "ReMARE – una Rete per il Mare" è stata quella di estendere l'attività ad un territorio più esteso e ad un numero maggiore di partecipanti e grazie all'opportunità fornita dalla Regione Campania attraverso un Bando PO FEAMP 2014/2020 Misura 1.40 è nato il partenariato fra le AMP e le Associazioni di Categoria del comparto pesca della Campania, ed anche in questo ReMARE ha rappresentato un'assoluta novità nel panorama nazionale.

2.2 *Piano integrato del progetto*

2.2.1 *Partenariato*

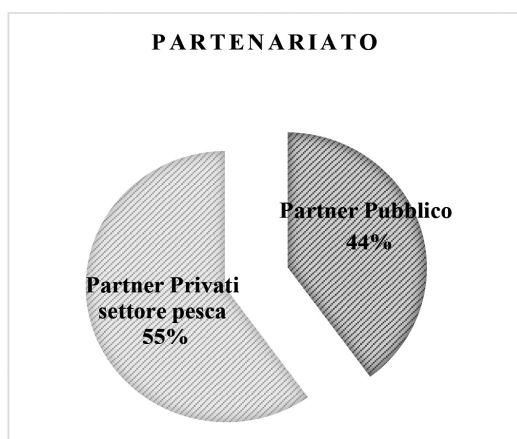
La sinergia ha permesso di coinvolgere circa 400 pescherecci in una vasta zona di mare, da nord a sud della Campania, per un totale di 52mila ettari marini (**Fig. 1**) dalla zone di mare dell'AMP Regno di Nettuno, tra Ischia e Procida e le aree a nord di Napoli, dall'AMP Punta

Campanella a cavallo tra i due golfi di Napoli e Salerno, alle due aree marine protette del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano – AMP Santa Maria di Castellabate e AMP Costa degli Infreschi e della Masseta – coinvolgendo nel progetto i pescatori campani dalla zona di Pozzuoli fino a Sapri, nel sud della regione.



Fig. 1 – Aree di intervento

Hanno aderito al partenariato quasi tutte le associazioni di categoria del comparto pesca presenti in regione: U.N.C.I. Federazione regionale della pesca Campania, FEDERPESCA Federazione nazionale delle imprese di pesca, CONFCOOPERATIVE FedAgri Pesca Campania, AGCI Pesca Campania, LEGA regionale delle COOPERative e mutue della Campania.



Tab. 1 – Composizione partenariato

2.2.2 Governance

Le operazioni di bonifica sono state precedute da campagne di informazione e sensibilizzazione, fondamentali per cercare di ridurre i rifiuti a monte e soprattutto utili alla sensibilizzazione dei pescatori sul fenomeno del Ghost Fishing, le reti fantasma che rappresentano in media nel mondo circa il 10% dei rifiuti marini.

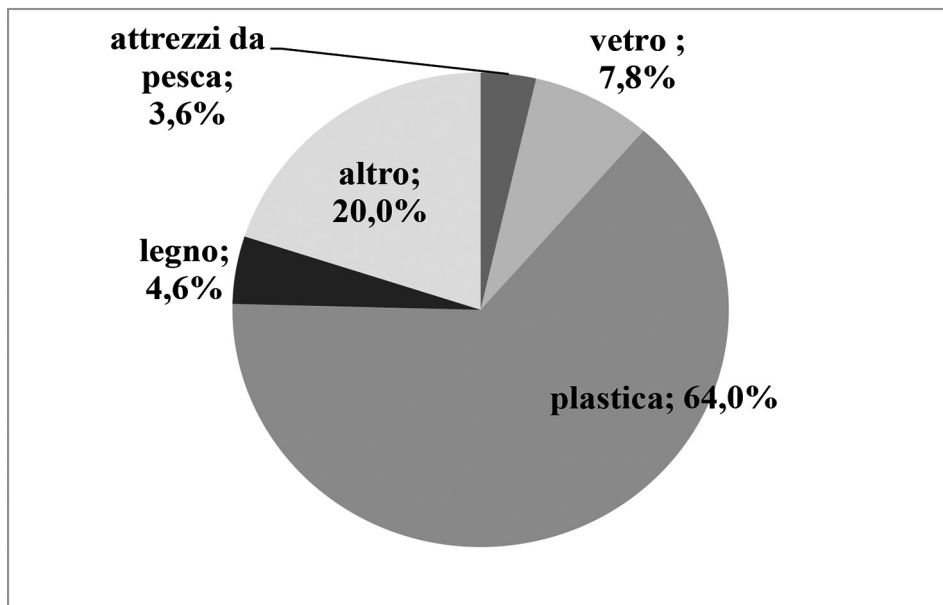
Sono stati realizzati 8 seminari presso le marinerie dei porti principali interessati dalle attività e 3 manifestazioni di diffusione dei risultati attesi e raggiunti con produzione e diffusione di materiale informativo sul progetto, sull'inquinamento marino e sui tempi di degradabilità dei rifiuti in mare. È stata realizzata anche una costante comunicazione sui canali social delle attività svolte (<https://www.facebook.com/Remare-una-rete-per-il-mare>).

I pescatori, che erano costretti a ributtare in mare gli oggetti raccolti nelle reti in quanto problematico, in alcuni casi rischioso e soprattutto antieconomico riportarli a terra, grazie alla sperimentazione sono stati forniti di appositi Bag da posizionare a bordo in cui raccogliere tutti gli oggetti "pescati" ed hanno avuto la possibilità di conferirli senza accollarsi alcun onere per lo smaltimento ma ricevendo un incentivo economico.

I circa 400 pescherecci che hanno preso parte all'iniziativa hanno avuto la possibilità di consegnare i rifiuti raccolti in 15 porti dislocati lungo la costa campana da Pozzuoli a Sapri in giorni ed orari prestabiliti secondo il calendario predisposto dalla ditta incaricata del prelievo, carico, trasporto e conferimento.

2.2.3 Analisi quali-quantitativa dei rifiuti raccolti

I pescatori della Campania hanno così raccolto 19 tonnellate di rifiuti in poco meno di 4 mesi, da agosto a metà novembre; tra i rifiuti finiti nelle loro reti il primato spetta alla plastica, con il 64%, poi vetro 8%, attrezzi da pesca e legno 4% circa ciascuno ed il restante 20% formato da materiale vario: metalli, tessuti, abbigliamento e oggetti vari.



Tab. 2 – Contributo percentuale sul quantitativo totale di rifiuti pescati per ciascuna tipologia di rifiuto caratterizzata

| periodo attività | agosto-ottobre 2019 |
|----------------------------|---------------------|
| Tot. Rifiuti raccolti (kg) | 19.000 |
| kg*ha | 0,36 |
| kg*boat | 37,25 |

Tab. 3 – Peso totale dei rifiuti raccolti in Kg e suddivisione per ettaro ed imbarcazione

Dai dati raccolti sono state effettuate analisi quali-quantitative dei rifiuti raccolti, la caratterizzazione quantitativa degli stessi nelle varie macro aree di pesca regionali ed effettuata la valutazione degli effetti di raccolta e smaltimento dei rifiuti conferiti dai pescatori sulle aree di pesca per una analisi di possibili interventi di sistema per ridurre l'impatto e cercare possibili soluzioni per attenuare la problematica dei rifiuti marini.

2.2.4 Raggiungimento degli obiettivi attesi e considerazioni

Agli obiettivi attesi in fase progettuale volti a raggiungere una riduzione della quantità di rifiuti nell'area tirrenica del golfo di Napoli e Salerno, a promuovere un'economia circolare ed a supportare il reddito dei pescatori vanno aggiunti i punti di forza riscontrati in fase esecutiva. È stato sperimentato un sistema di governance multilivello in cui le parti hanno dialogato costantemente e rimodulato azioni, non perdendo mai di vista l'obiettivo finale.

Si è riscontrata una grande collaborazione da parte dei pescatori nella raccolta dei rifiuti e nella compilazione delle schede di uscita utili alla valutazione della congruità dei costi ed al censimento dei rifiuti. Inoltre la sinergia creata ha consentito una costante rimodulazione del calendario della raccolta dei rifiuti salpati e la costante collaborazione dei professionisti che hanno contribuito a realizzare tutte le attività previste.

L'AMP Punta Campanella ha fatto da Capofila e coordinatore del partenariato occupandosi dell'organizzazione di tutte le attività ed il progetto ReMARE che ha di fatto anticipato la legge Salvamare, prossima alla approvazione definitiva, ha dimostrato la sua validità e che renderà i pescatori i primi custodi del mare come nella soluzione sperimentata con successo in Campania.

3. Conclusioni

Il benefico contributo del progetto "ReMARE: una rete per il mare" però, per quanto significativo, non è sufficiente: come consigliato dalle campagne di sensibilizzazione avviate dal progetto e dalle manifestazioni organizzate, è necessario che ognuno di noi cambi le proprie abitudini, elimini l'uso della plastica monouso, scelga prodotti privi di imballaggi, utilizzi prodotti facilmente riciclabili, effettui in modo corretto la raccolta differenziata e non disperda rifiuti nell'ambiente. Solo così si contribuirà a tirare quelle reti che hanno oggi un ruolo così importante per la tutela e salvaguardia della risorsa mare

Acea e il compostaggio di prossimità – Acea Smart Comp

Enrico Miletto enrico.miletto@aceaspa.it, Alessandro Filippi, Giancarlo Cecchini, Flavio Cammilozzi, Acea Elabori S.p.A., Roma

Riassunto

La Waste Transition propone il cambio di paradigma di gestione del rifiuto, dal grande impianto industriale alla rete di impianti delocalizzati. Per il rifiuto organico la soluzione del compostaggio è ormai una soluzione consolidata, largamente praticata in grandi impianti, oggetto tal volta di scarsa accettazione da parte della popolazione residente per le emissioni odorigene e l'insistente transito di mezzi pesanti. L'Industria 4.0 e le tecnologie Internet of Things (IoT) sono cresciute rapidamente e rappresentano ora un'opportunità unica per migliorare le nostre capacità di monitoraggio ambientale a costi contenuti. È stato quindi concepito, ed integrato nelle apparecchiature di compostaggio, un nuovo sensore multi-parametrico, per controllare l'evoluzione del processo e standardizzare la qualità del prodotto in uscita.

Acea Smart Comp è la soluzione innovativa che supera il problema della gestione del rifiuto organico combinando nello stesso servizio i concetti di Waste Transition, Industria 4.0 e IoT.

Summary

Waste Transition proposes the change of waste management paradigm, by the big industrial plant to the delocalized plants network. Composting is a consolidated solution for the treatment of organic waste and is particularly used in large plants. Sometimes this fact is the cause of popular protests due to odour emissions and the high transit of heavy vehicles. Industry 4.0 and Internet of Things (IoT) technologies have grown rapidly and now they represent a unique opportunity to improve our environmental monitoring capabilities at low cost. Therefore, a new multi-parametric sensor was conceived and was integrated into the composting equipment to control the process and to standardize the quality of the output product.

Acea Smart Comp is the innovative solution that overcomes the management organic waste problem by combining in the same service the concepts of Waste Transition, Industry 4.0 and IoT.

1. Introduzione

L'Europa ha adottato negli ultimi anni un piano d'azione per contribuire ad accelerare la transizione verso un'economia circolare e promuovere una crescita sostenibile. Sul tema dei rifiuti organici la soluzione più consolidata per il recupero virtuoso di materia e il sequestro della CO₂ è il compostaggio. Quest'ultimo è un processo biologico aerobico, controllato dall'uomo per massimizzarne l'efficienza, che produce una miscela di sostanze umificate, il compost, che può essere utilizzato come ammendante per usi agronomici o per florovivaismo. La frazione organica è il principale componente su cui intervenire perché, dalla stima dell'ISPRA sulla media del periodo 2008 – 2018, rappresenta il 35,5% dei rifiuti totali prodotti in Italia [1]. Questa matrice potrebbe essere valorizzata in ammendante compostato misto (ACM) se avesse un utilizzo diffuso nella filiera agricola e in quella florovivaistica. Il problema principale

risiede nella capacità di selezionare adeguatamente il rifiuto alla fonte e standardizzare la qualità del prodotto in uscita.

La soluzione proposta si basa sul concetto innovativo di Waste Transition ovvero la realizzazione di una sempre più fitta rete di piccoli impianti che consenta di scardinare l'attuale sistema di gestione basato su una logica accentrativa, quella del grande impianto industriale. L'implementazione di un sistema di gestione delocalizzato è possibile solo facendo ricorso ad apparecchiature di dimensioni compatte, dotate di una logica "smart" e telecontrollate.

Smart Comp è la soluzione proposta da Acea come global service eliminando il problema della gestione del rifiuto organico. Dalla Control room Acea sono monitorati il processo da remoto e migliorate le performance dell'impianto, sulla base di algoritmi evoluti supportati dal Machine Learning (ML) e l'Artificial Intelligence (AI) che elaborano i dati acquisiti in tempo reale dalla sensoristica evoluta integrata nell'apparecchiatura.

2. Relazione

Il progetto Acea Smart Comp, realizzato in collaborazione con l'ENEA e l'Università della Tuscia, supera il vecchio paradigma gestionale, basato sulla centralizzazione del trattamento, costituendo così una rete di impianti di compostaggio di minori dimensioni ma sempre automatizzati e monitorati. L'utilizzo di una rete di piccoli e medi impianti, pone la problematica del monitoraggio del processo di compostaggio e dei parametri utilizzabili per il controllo di qualità. Difatti l'utilizzo di ACM (da solo o in terricci) in produzioni food e no-food, è possibile solo se il prodotto finale avrà composizione e caratteristiche standard tali da poterlo confrontare con i fertilizzanti di altra natura e garantire così l'utilizzatore. Oltre alla parametrizzazione e al monitoraggio del processo (temperatura, umidità, respirazione, produzione di metano, etc.) è importante individuare con certezza e indipendentemente dalle matrici, il punto di maturazione, raggiunto il quale la componente fitotossica è negligibile, così come le emissioni odorigene, e le caratteristiche del prodotto, come mostrato in Tabella 1, sono compatibili per il suo uso in produzioni food e no-food. Le procedure e le logiche di operatività adottate da Acea garantiscono una compatibilità con gli standard di prodotto attesi, basandosi sia sull'analisi merceologica della matrice da trattare, per valutare gli eventuali correzioni di bilanciamento, sia sul mantenimento dei parametri di processo all'interno del range ottimale.

| Parametro | Compost da scarti alimentari |
|--|------------------------------|
| Umidità (% t.q.) | 40-55 |
| N (% s.s.) | 1.79 |
| P (come P ₂ O ₃) (% s.s.) | 1.38 |
| K (come K ₂ O) (% s.s.) | 1.26 |
| Carbonio org. (TOC) (% s.s.) | 25 |
| pH | 8.15 |
| Conducibilità (CES) (µS cm ⁻¹) | 3730 |
| SV (% s.s.) | 49.48 |
| Mg (% come MgO) | 1.53 |
| Mn (mg kg ⁻¹ s.s.) | 294.32 |
| Fe (mg kg ⁻¹ s.s.) | 13600 |
| Densità apparente (g l ⁻¹) | 400 |
| Porosità totale (% vol/vol) | 81.32 |
| Acqua disponibile (% vol/vol) | 15.84 |

Tab. 1 – Caratteristiche agronomiche medie relative all'ammendante compostato misto [2]

Un altro aspetto da considerare e che assume importanza rilevante nei piccoli impianti, è quello relativo alla facilità di gestione del processo e alla eliminazione o mitigazione di tutti quei fattori che possano ostacolare l'adozione del sistema stesso. L'automatizzazione e la solidità delle apparecchiature deve consentire all'utente di approvvigionare la macchina con la frazione organica e poi semplicemente recuperare il compost pronto per l'uso, senza interventi intermedi sul processo o finali sulla maturazione del compost, tutti aspetti che disincentiverebbero l'adozione del sistema.

2.1 Il compostaggio diffuso

La Waste Transition del rifiuto organico ha come caposaldo la diffusione della pratica del compostaggio sul territorio. La rete di piccoli impianti offrirà maggiore accettabilità sociale, minore vulnerabilità e minori costi per la società, eludendo qualsiasi forma di contestazione della comunità locale che non rischia così di ritrovarsi l'area degradata da un contesto, quello del grande impianto che, seppur virtuoso, rimane decisamente industriale.

Il rifiuto viene selezionato alla fonte e trattato direttamente sul luogo di produzione. Gli utenti coinvolti sono ridotti in numero rispetto alle dinamiche dispersive dei grandi impianti e per questo più responsabilizzati nell'attività di conferimento. Inoltre, fermo restando il supporto tecnologico delle apparecchiature, gli utenti acquisiscono autonomia nella produzione di ammendante pronto per l'uso e proveniente dalla loro filiera del rifiuto da loro stessi controllata. Il valore aggiunto di questo nuovo modello è l'eliminazione dell'ingente ricorso alla movimentazione di rifiuti, dovuti alle fasi di raccolta e trasporto, dal produttore del rifiuto all'impianto di trattamento, abbattendo così anche i costi e gli impatti ambientali.

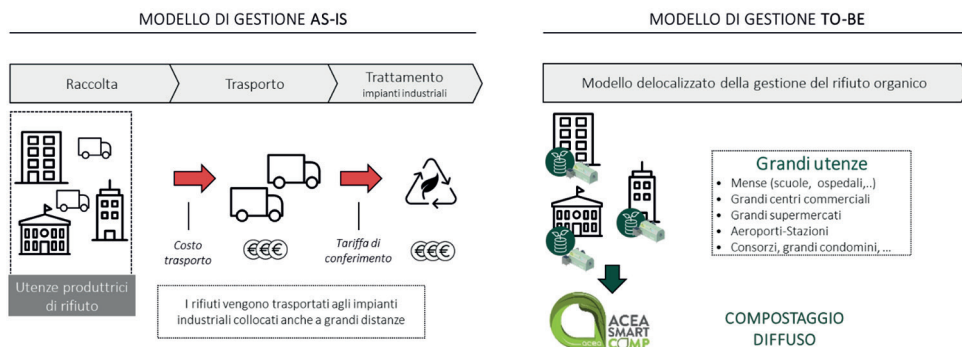


Fig. 1 – Il modello gestionale del compostaggio diffuso Acea Smart Comp

La normativa italiana sta incentivando la diffusione di questa forma di compostaggio promulgando nuovi decreti e aggiornando quelli già in vigore. Già dal 2015, infatti, esistono ben 3 forme di compostaggio di piccola taglia, come mostrato nella Tabella seguente, che contribuiscono alla diffusione semplificata della soluzione.

| | <u>Autocompostaggio</u> | <u>Compostaggio di comunità</u> | <u>Compostaggio locale</u> |
|---|---|---|---|
| Descrizione | <ul style="list-style-type: none"> • Utenza singola • Produttore rifiuto = Utilizzatore compost • Non è consentita la vendita • Solo autoconferimento del rifiuto | <ul style="list-style-type: none"> • Utenza collettiva (nel raggio massimo di 1 km di distanza) • Produttori rifiuto = Utilizzatore compost • Non è consentita la vendita • Solo autoconferimento del rifiuto | <ul style="list-style-type: none"> • Utenza singola o multipla • Produttore rifiuto ≠ Utilizzatore compost • Consentita la vendita • Possibilità di raccolta e conferimento da parte di terzi |
| Limite trattamento del rifiuto (t/a) | <ul style="list-style-type: none"> • Nessun limite | <ul style="list-style-type: none"> • 130 ton/anno | <ul style="list-style-type: none"> • 80 ton/anno |
| Utilizzo del compost | <ul style="list-style-type: none"> • Nelle aree verdi in sito | <ul style="list-style-type: none"> • Nelle aree verdi nel Comune in disponibilità giuridica delle Utenze | <ul style="list-style-type: none"> • In agricoltura, pascoli, florovivaistica, ecc, anche da parte di soggetti terzi |
| Requisiti o condizioni richieste | <ul style="list-style-type: none"> • Comunicazione di inizio attività al Comune • Nessun requisito per la qualità | <ul style="list-style-type: none"> • Comunicazione di inizio attività al Comune • Requisiti e parametri per la qualità ai sensi del D.M. 266/2016 | <ul style="list-style-type: none"> • Autorizzazione con procedura semplificata ai sensi dell'Art. 214 c.7-bis del D.Lgs. 152/06 • Requisiti e parametri per la qualità ai sensi del D.Lgs. 75/2010 |

Tab. 2 – *La normativa italiana a supporto della delocalizzazione del trattamento*

2.2 La tecnologia “smart”

Negli ultimi anni, è emersa una nuova tendenza nelle tecnologie di produzione, generalmente denominata Industry 4.0, che consente di raggiungere un livello più elevato di efficienza operativa e produttività attraverso sistemi automatizzati e interconnessi [3]. Ciò è dovuto alla combinazione dei concetti tecnologici del cyber-fisico e Internet of Things (IoT), un nuovo paradigma secondo il quale gli oggetti, ma anche gli esseri viventi, possono trasferire dati identificati univocamente a Internet senza l’interazione degli esseri umani [4]. L’IoT si è evoluto dalla convergenza di tecnologie wireless, sistemi microelettromeccanici (MEMS) e Internet. L’industria 4.0 ha effettivamente portato un importante passo avanti nel campo del monitoraggio dei processi industriali e si ritiene quindi che rappresenti un nuovo stadio, equivalente a una “quarta rivoluzione industriale”, da cui prende il nome. Il trasferimento di tali tecnologie anche nel campo del monitoraggio ambientale e biologico potrebbe portare ad enormi vantaggi tra cui la possibilità di ampliare notevolmente la quantità di punti di misurazione e la trasmissione dei dati in cloud in tempo reale.

In quest’ottica è stato sviluppato il sensore multi-parametrico integrato nel processo di produzione del compost. Il sensore monitora in modo continuo e con capacità di trasmissione dei dati in cloud e allo stesso tempo offre la possibilità di controllare il processo della macchina stessa. La centralina integrata negli impianti gestiti da Acea, misura sia i gas interstiziali rilevanti per il controllo del processo (CO₂, CH₄ e O₂), sia la temperatura e l’umidità assoluta ed invia il segnale tramite una piattaforma di edge computing al telecontrollo Acea.

Il sistema multi-parametrico innovativo di Acea, sviluppato per il monitoraggio del processo di produzione, consiste in un sistema integrato di:

- Sistema di campionamento del gas interstiziale,
- Sensori di analisi di temperatura e umidità,
- Sistema pneumatico per la gestione del gas,
- Cella di misura dei gas,
- Gestione dei dati con microprocessore.

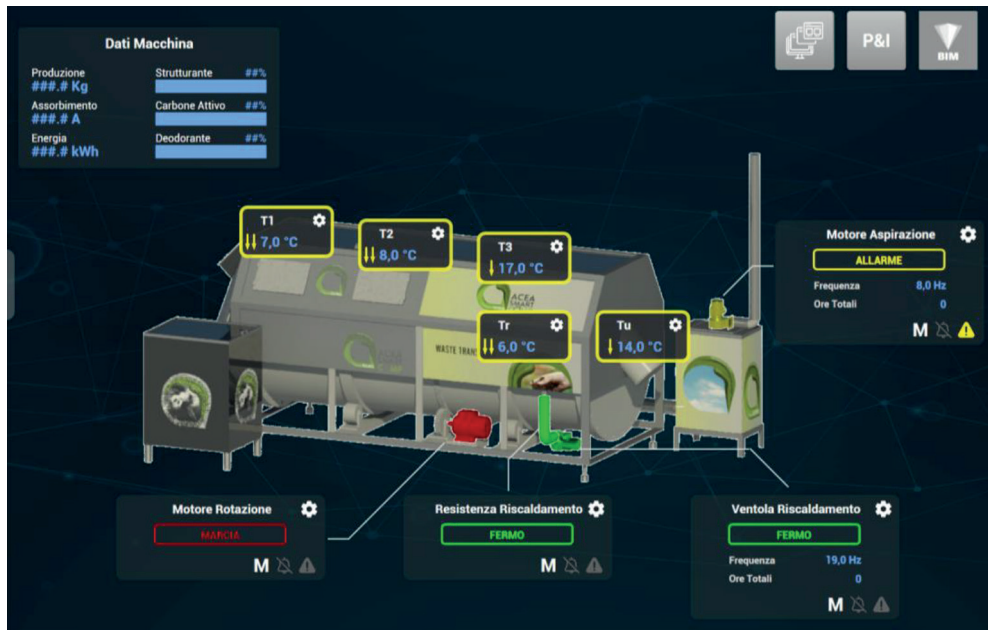


Fig. 2 – Telecontrollo SCADA Acea Smart Comp

Acea Smart Comp ha investito soprattutto sull'idea di servizio “smart” per cui, partendo da analizzatori evoluti integrati, ha sviluppato un sistema PLC che rende completamente automatica l'apparecchiatura secondo le migliori logiche di funzionamento sperimentate.

La centralina multiparametrica si propone, quindi, come supporto sostanziale per la gestione degli impianti di compostaggio, monitorando le condizioni in cui i microrganismi attuano la degradazione del rifiuto. La stessa, inoltre, è supportata da piattaforme IoT di analisi evolute che migliorano le performance dell'impianto, sulla base di algoritmi supportati dal Machine Learning (ML) e l'Artificial Intelligence (AI). Tutti gli impianti, telecontrollati da piattaforma SCADA, realizzata da Acea in ambiente Wonderware, contribuiranno ad inviare dati e popolare il database dei parametri di processo. Questo processo è quello che virtuosamente porterà a logiche di funzionamento sempre più raffinate e capaci di standardizzare la qualità del prodotto.

2.3 Il compost di Acea

Il primo Acea Smart Comp è stato installato presso la mensa della Sede centrale Acea che conferisce giornalmente tutti gli scarti organici prodotti dal servizio mensa e bar. In Acea è stato adottato come regime di gestione dell'organico quello del compostaggio di comunità fra le società del Gruppo. L'impianto è attivo dallo scorso febbraio 2020 ed ha prodotto circa 300 kg di compost, prelevato per scopi sperimentali anche dal DIBAF - Università degli Studi della Tuscia che ha effettuato le analisi microbiologiche di base chimico-fisiche per le caratteristiche agronomiche del prodotto e le performance di crescita di piante modello, su mix con diverse percentuali del compost Acea. Per quanto riguarda la componente microbica suddivisa in funghi, batteri e attinomiceti, la alta presenza di CfU (colony forming units) di questi ultimi ci suggerisce una raggiunta maturazione del prodotto (Figura 3).

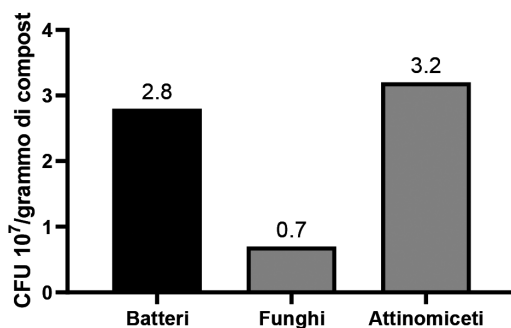


Fig. 3 – Componente microbica del compost della mensa Acea suddivisa per batteri, funghi e attinomiceti.

La composizione del compost Acea con la di un compost ‘modello’ ci conferma un prodotto di qualità con buone caratteristiche agronomiche quando utilizzato come ammendante del suolo o in miscela con altri componenti (torba, inerti etc.) per la preparazione di mix di crescita (Tabella 3).

| Parametri | compost mensa Acea | unità di misura |
|-------------------------|--------------------|-----------------|
| umidità | 40 | % |
| pH | 8,0 | |
| CSC | 54,76 | meq/100g |
| conducibilità elettrica | 5,41 | mS/cm |
| calcare totale | tracce | % |
| C/N | 14,0 | |
| azoto totale | 1,35 | % |
| carbonio organico | 20,40 | % |
| calcio scambiabile | 3240 | ppm |
| magnesio scambiabile | 860 | ppm |
| potassio scambiabile | 5460 | ppm |
| sodio solubile | 4000 | ppm |
| fosforo assimilabile | 216 | ppm |
| ferro assimilabile | 28 | ppm |
| manganese assimilabile | 76 | ppm |
| rame assimilabile | 1,2 | ppm |
| zinco assimilabile | 68 | ppm |

Tab. 3 – Caratteristiche agronomiche di base del compost della mensa Acea

Infine, per quanto riguarda le performance di crescita di piante di crescita (*Lepidium sativum*) su compost Acea in confronto con un mix commerciale (Brill® 3) composto da torba bionda e nera e concimazione NPK, hanno evidenziato come mix di torba/compost Acea al 25/75 e 50/50 garantiscono uno sviluppo in peso fresco e secco delle piante paragonabile se non superiore a quello del mix commerciale e in assenza di concimazione NPK (Figura 4).

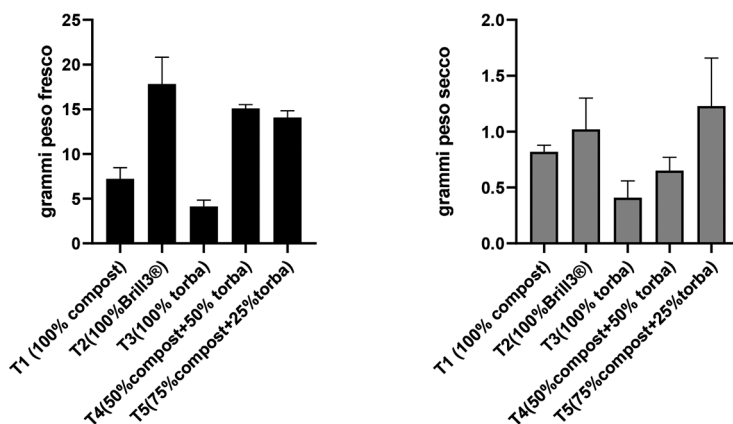


Fig. 4 – Crescita espressa in peso fresco e secco del crescione (*Lepidium sativum*) su terriccio commerciale (Brill3®) e diverse composizioni torba/compost Acea.

3. Conclusioni

La soluzione proposta da Acea è un servizio, scalabile in molte realtà italiane ed europee, che unisce l'esperienza consolidata degli impianti di compostaggio, con i risultati più promettenti della Ricerca scientifica in ambito di sensoristica, con gli sviluppi tecnologici dell'industria 4.0 e dell'IoT. Questo mix innovativo è stato stimolato in Azienda dalla linea tracciata dalla Commissione Europea in tema di raccolta differenziata e recupero di materia nel processo di chiusura del ciclo dei rifiuti ("closing the loop") e da tutti gli obiettivi sfidanti che i vari Stati membri dovranno recepire nei prossimi anni.

L'obiettivo di Acea è l'installazione di 250 Acea Smart Comp entro il 2024 per realizzare in maniera diffusa un sistema dalla capacità di 25.000 tonnellate l'anno - pari a quella di un impianto centrale che gestisce rifiuti organici prodotti da una città di 250.000 abitanti - con un risparmio stimato del 20% circa sui costi di gestione della filiera nazionale. Il primo Acea Smart Comp è già stato avviato e ha dimostrato di avere l'efficienza attesa sia in termini di capacità e velocità di trattamento, sia in termini di qualità del compost prodotto.

Si ringraziano ENEA e l'Università della Tuscia per il prezioso contributo tecnico e scientifico apportato per lo sviluppo del progetto Acea.

Bibliografia

- [1] ISPRA, "Rapporto Rifiuti Urbani – Edizione 2019"
- [2] ANPA, "Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità" manuali e linee guida 7/2002
- [3] Roblek et al., "A Complex View of Industry 4.0", SAGE Open, 2016.
- [4] Misra et al, Security Challenges and Approaches in Internet of Things, Springer International Publishing, 2017.

Progetto Mattei 2019/20 – economia circolare - agenti del cambiamento nel Territorio Abruzzese –

Daniele Palmarini, daniele.palmarini55@gmail.com
Massimo Lupino

Riassunto

Economia circolare e pensiero imprenditoriale quale è stato Enrico Mattei, il progetto di APVE ha favorito la diffusione della tematica all'interno degli Istituti Superiori e dell'Università nel territorio abruzzese, in modo efficace e concreto, infatti sono pervenute proposte realizzative per un possibile sviluppo esecutivo. Tanto cammino è ancora da fare ma la strada intrapresa è quella giusta, siamo ottimisti.

Summary

Circular Economy according to Enrico Mattei way of thinking, the APVE's project favoured the diffusion of subject to School and University of the Abruzzo Region territory, in good and actual manner, with real suggestion and concrete solutions. The way is hard and long but We are confident.



Fig. 1 – I valori di Enrico Mattei

1. Introduzione

Il Progetto MATTEI 2019-2019 “Economia Circolare” lanciato da APVE (Associazione Pionieri e Veterani ENI) si è proposto di far incontrare gli studenti (universitari e degli istituti professionali) con la rete delle imprese e le istituzioni locali nella Regione Abruzzo.

Il Progetto basato sull'Economia Circolare si è prefisso di sviluppare la “terza missione” universitaria e si è basato sui valori espressi da Enrico Mattei: coraggio, condivisione, senso di comunità, visione prospettica con ricadute sostanziali sul mondo del lavoro e sulla capacità di innovare nell’ottica del miglioramento continuo.

L'economia circolare rappresenta, nella sua attualità, la sfida per eccellenza indirizzata a tutte le attività produttive con conseguenti ricadute sulla qualità della vita e delle relazioni sociali nella Regione Abruzzo.

L'Economia Circolare ha come obiettivo guida quello di ridurre l'impronta ecologica (footprint) delle persone e delle attività produttive da qui in avanti. Quindi occorre innovare, riprogettare, avere una nuova vision nell’ottica del miglioramento continuo che caratterizzarono gli ideali guida di Mattei e che oggi sono declinati nelle certificazioni ISO, EMAS, ecc... Ma per realizzare questo cambiamento epocale occorre che ognuno di noi diventi nel proprio ambito un AGENTE DEL CAMBIAMENTO.

E', quindi, fondamentale che, questo primo step messo in campo con il progetto MATTEI, serva a stimolare un approccio didattico/scientifico utile alla formazione Professionale e Specialistica delle nuove generazioni che dovranno “governare” il cambiamento di indirizzo della “governance” dei popoli. Mattei avrebbe definito queste nuove “necessarie” figure, esaltatrici dei suoi valori: Agenti del Cambiamento.

2. Relazione

2.1 Immagine Progettuale

Tutti i partecipanti al progetto sono stati dotati di:

-Cordoncino/Porta Badge + Badge, Gilet “AGENTE DEL CAMBIAMENTO”



Fig. 2 – Kit di Progetto

Colore Verde: Rappresenta il senso di giustizia il colore del benessere, della natura, del mondo vegetale.

Colore Arancione: esprime buon umore, ottimismo, irradia felicità, incoraggia la socializzazione.

COSA E' <AGENTE DEL CAMBIAMENTO>

Dal prodotto chimico al modo di relazionarsi, di agire, di fare

- E' un **additivo** come se ne usano in edilizia (prodotto)
- E' un **modo di fare e di agire** per aiutare a migliorare i rapporti (relazioni)
- E' la **semplificazione** dei procedimenti amministrativi (burocrazia)
- E' il **diverso rapporto** tra aziende e pubblica amministrazione (comunicazione)
- E' il diverso modo di **approccio** al lavoro da dipendente pubblico (azione)
- In breve

- Diventa il cambiamento che vuoi essere -

M.Gandhi

Fig. 3 – Schema esemplificativo “AGENTE DEL CAMBIAMENTO”

Per la valutazione degli elaborati si è tenuto conto dei seguenti criteri: **COERENZA** dei lavori con il tema proposto, **CAPACITA'** di veicolare il messaggio in maniera efficace e innovativa, **CREATIVITA'** nella forma e nel contenuto proposto.

Come in premessa e nell'ottica dell'ECONOMIA CIRCOLARE descritta, gli studenti partecipanti sono stati chiamati ad elaborare un video o una presentazione in grado di comunicare una visione sull'economia circolare, che prenda spunto dai temi della nuova agenda strategica dell'UNIONE EUROPEA, e illustri le proprie idee in modo emozionale, creativo e coinvolgente. Tutti gli elaborati sono stati consegnati entro il 28 febbraio 2020 la valutazione del team di progetto è stata completa il 15 aprile 2020 in conderence call che ha individuato il progetto vincitore dal titolo “MANGIAPLASTICA”.

2.2 Progetto Mangiaplastica

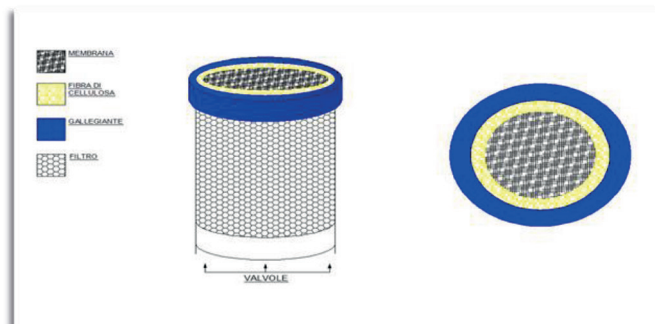


Fig. 3 – Schema dispositivo previsto nel progetto

prodotti, tra cui i residui di materiale sintetico di dimensioni microplastiche) che contaminano i nostri mari.

Durante un sopralluogo nella zona portuale di Ortona e' stato pensato di poter sfruttare l'azione filtrante della cicca di sigaretta o di derivati da cellulosa riciclati (pannolini) per trattenere le impurità presenti nelle acque marine tramite il moto ondoso incanalato da valvole che permettono il passaggio dell'acqua il nostro dispositivo sarà azionato naturalmente dal moto ondoso e, tramite delle valvole, aspirerà l'acqua dal filtro (un tamburo colmo di cellulosa ottenuta sfiando mozziconi o con cellulosa riciclata da pannolini) facendola fuoriuscire dalla parte inferiore ormai priva della microplastica che sarà trattenuta all'interno del filtro stesso (da sostituire successivamente).

Gli studenti dell'Istituto IPSIA Guglielmo Marconi di Ortona (CH), Con L'azienda partner, ECO LAN Dall'idea progettuale ispirata ai principi di Enrico Mattei e con attenzione verso territorio di Ortona è stato coniugata il tema del recupero/riciclo alla pulizia delle acque del mare tramite il riuso di materiali deteriorati. Partendo dall'ambiente che è saturo di scarti da noi

2.3 Progetto: Idee per l'Edilizia

Gli studenti della classe quarta indirizzo Meccanica, Meccatronica ed Energia dell'Istituto Tecnico Tecnologico Alessandrini di Teramo, guidati dal docente Ing. Roberto Saia, con L'azienda partner, DGA Group di Teramo, E' un esempio di Economia Circolare e rispetto dell'ambiente, per le seguenti motivazioni: Riciclaggio fresatura di asfalto (materiale recuperato durante la scarificazione) Attrezzature moderne ad alta efficienza energetica completamente automatizzate; 3-Sistema di controllo acqua di processo completamente riciclata ; I valori di Mattei vengono perseguiti in ogni fase lavorativa: PASSIONE, INNOVAZIONE, FIDUCIA NEI GIOVANI, TENACIA, BENE DEL PAESE.

2.4 Nulla si butta tutto si ricicla

Gli studenti della classe quinta indirizzo Elettrotecnica dell'Istituto Tecnico Tecnologico Alessandrini di Teramo, guidati dal docente Ing. Marcello Farinelli, hanno partecipato con grande interesse al progetto APVE "Economia Circolare".

2.5 Progetto: Il rivoluzionario sistema circolare della canapa per un futuro migliore

Gli studenti della classe quarta di Chimica dell'Istituto Tecnico Tecnologico Alessandrini di Teramo, guidati dal docente Antonella Di Felice, hanno partecipato con grande entusiasmo al progetto APVE "Economia Circolare". L'azienda partner è stata la EDILCANAPA.

I ragazzi hanno evidenziato come Edilcanapa, presente sul mercato dal 2014, progetta e produce materiali per la bioedilizia realizzati con la fibra ed il legno di canapa, promuovendo i principi della filiera corta. La coltivazione della canapa sativa e la trasformazione di tutti i suoi derivati in semilavorati o prodotti finiti costituisce un esempio eccellente di economia circolare.

La canapa, oggi coltivata in Italia principalmente per le inflorescenze o per i suoi preziosi semi, prelevate le sue parti più preziose, lascia inutilizzate le sue paglie. Il fusto della pianta in realtà è costituito da fibra e legno, che se correttamente separati, possono costituire materie prime fondamentali per la realizzazione di materiali per la bioedilizia.



Fig. 4 – Canapa sativa

Dunque, i servizi entrano altresì nel circuito virtuoso di promozione ed utilizzo di materiali provenienti dal proprio territorio contribuendo a mantenere la ricchezza nel luogo in cui si produce. Il modello Edilcanapa potrà essere duplicato in base alle evoluzioni ed alle richieste del mercato che attualmente per mancanza di cultura non ha ancora recepito i benefici che questo prodotto merita.

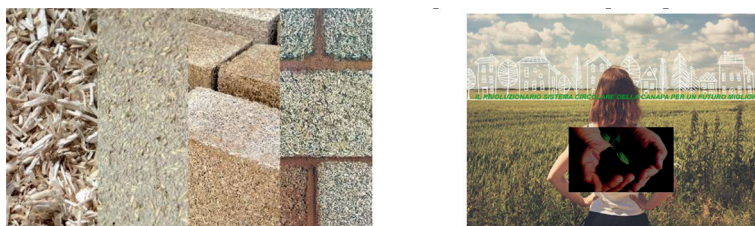


Fig. 5 – Materiali per bioedilizia

2.6 Progetto: *Nulla si Butta tutto si ricicla*

Gli studenti dell'Istituto Nautico Acciaiuoli-Einaudi di Ortona (CH), guidati dal docente Adriano Di Nocera, hanno partecipato con grande entusiasmo al progetto APVE "Economia Circolare". L'azienda partner è stata CIVETA di Cupello (CH). L'idea è partita dalle navi da crociera che sostano presso il porto di Ortona e quindi è stato proposto un servizio utile ed in piena sintonia con i temi dell'Economia Circolare e dei Valori di Enrico Mattei.



Fig. 6 – Bici e Monopattini da lattine riciclate

2.7 Proposte e idee maturate al seguito dell'analisi del settore.

Gli studenti dell'UNITE insieme al tutor Dott Massimo Lupino e all'azienda partner MoTe (Montagne Teramane), alla fine dei ripetuti incontri e sopralluoghi nei vari impianti hanno elaborato delle proposte così riassunte:

Uno dei progetti che più ci ha colpito è stato quello della raffineria di Marghera dell'Eni, dove oggi si producono biocombustibili a partire da oli vegetali usati e da frittura. La proposta è quella di avere un centro di raccolta *regionale dell'olio esausto* che riesca a mettere insieme tante piccole quantità per raggiungere i numeri adatti a giustificare l'esistenza di un impianto simile.

T.Riciclo il velocipede con supporto energizzato puo' essere utilizzato in tutti gli spazi conficati come (Camping, Campi da Golf, Impianti Sportivi, Aree Produttive) ovvero per tutti quei momenti di raccolta differenziata con piccoli quantitativi prodotti e diffusi a macchia di leopardo)



Fig. 7 – T-Riciclo bici energizzata

3. Conclusioni

Il Progetto Mattei 2019-2020 é stato un ottimo strumento per affrontare in maniera propositiva, divertente ed anche concreta temi di assoluto e trasversale interesse, la cui trattazione dovrebbero essere inseriti nella programmazione didattica mentre purtroppo spesso sono ancora lasciato alla discrezionalità e sensibilità dei docenti. La stessa figura di MATTEI dovrebbe essere meglio conosciuta dai giovani con iniziative come questa per riportare luce a questo personaggio che ha dato lustro alla nostra nazione.

Il progetto ha un rilievo in sé, come emerge dai risultati ottenuti e presentati, ma anche restituisce al team di progetto indicazioni utili sulla funzione della cultura universitaria e scolastica rispetto al cambiamento del modello produttivo. L'indagine ha offerto una opportunità agli studenti universitari di confrontarsi con il cambiamento in atto nel ciclo produttivo ed agli studenti degli istituti professionali, ha fornito indicazioni utili sui curricula didattici indirizzati ad avvicinare la scuola al mondo delle filiere produttive. Siamo soddisfatti dei risultati acquisiti ma consapevoli dei limiti. Il progetto avrà ottenuto il suo scopo se avrà stimolato l'avvio di una riflessione sull'apporto della cultura degli Istituti Superiori e dell'Università in questa fase di cambiamento economico e politico. Inoltre i consorzi o le Aziende fiduciarie per la raccolta differenziata di concerto con i relativi Committenti, dovranno sempre più progettare e realizzare spazi comuni tipo ECOSQUARE. Ovvero spazi di 2000-3000 mq con Area Giochi, Fitness, postazioni per ricarica elettrica sia di bici che di macchine, spazi completamente usufruibili anche da disabili, WiFi gratuito. Attrezzati inoltre con panchine multimediali per ricarica smart phone e tablet. Illuminazione a basso consumo, area videosorvegliata, monitor per comunicare alla cittadinanza, previsione di postazioni per conferimento bottiglie di plastica e l'olio esausto di cucina, oltre a distributori per buste di plastica, cestini con aperte automatizzate energizzate con pannelli solari. Le ECOSQUARE dovranno servire un consistente numero di famiglie (200-300) che risiedono nelle vicinanze, che con forme di baratto

portano bottiglie di plastica ricevendo in cambio acqua naturale o sapone liquido per lavastoviglie e lavatrici,etc.

Avanziamo a margine dei risultati del progetto alcune considerazioni.

La prima riguarda la conferma, rispetto alla vasta letteratura internazionale, che occorre riconoscere l'economia circolare non come fattore aggiuntivo del modello di sviluppo esistente, ma come risposta di sistema alla crisi del capitalismo, fondata sulla prospettiva di recuperare dentro una diversa idea di società di mercato, il valore della sostenibilità socio-ambientale. La seconda osservazione che emerge dai lavori svolti, riguarda l'impatto della pandemia sulle prospettive di cambiamento.

La terza ed ultima considerazione emersa dai lavori riguarda l'opportunità data dal Progetto Mattei di restituire all'Università un ruolo strategico per portare i problemi dell'economia all'attenzione delle Istituzioni, ai diversi livelli, onde prendere parte al processo della programmazione regionale. L'Università può essere presente, sia con una funzione di analisi dei rischi connessi agli investimenti, che anche in un quadro di programmazione decentrata.

In generale si conferma la funzione strategica del veicolo delle informazioni come elemento di supporto al successo del cambiamento della cultura e della società. Queste indicazioni possono essere riprese ai fini di avanzare un progetto di analisi sullo stato dell'economia circolare capace di fare da supporto al rapporto tra esigenze del mondo delle PMI e la carenza di capitali investiti verso un modello di economia sostenibile. Il progetto è nato nel luglio 2019 e si è concluso con un webinar il 04 giugno 2020. La premiazione si è svolta con la parzializzazione degli intervenuti (scaglionamento orari) il 17 luglio 2020.

Obiettivi Raggiunti

Innovazione: Idee innovative e pionieristiche

Visione: Le prospettive sono nobili e tecnicamente ben strutturate, frutto della percezione dovuta all'attenzione per l'ambiente

Bene del Paese: La volontà di contribuire al bene comune preservando l'ambiente, fonte di vita e futuro per tutti noi è stata la principale motivazione dei giovani

Intuito: È innegabile l'originalità delle idee che coniugano riciclo, salvaguardia dell'ambiente, risorse energetiche rinnovabili

Ottimismo: L'auspicabile passaggio dalla fase progettuale alla realizzazione fiduciosi del contributo che le proposte possono dare dalla pulizia delle acque alla terra e portino ad un miglior comfort per l'uomo

Fig. 8 – Schema obiettivi raggiunti

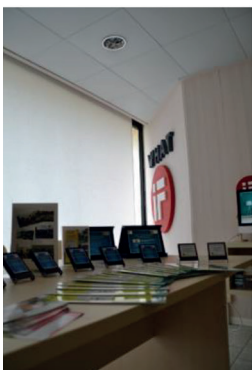


Fig. 9 – *Premi*



Fig. 10 – *Brochure & box dvd progetto*

Procurement of Paper for Recycling Testing procedures and standardisation

Paolo Peruzzi, p.peruzzi@ecolstudio.com Paper Market Director – Ecol Studio S.p.A. Lucca

Abstract

L'efficacia del “ciclo dei riciclo” in cartiera è strategica per lo sviluppo della circolarità di un comparto industriale tra i più importanti in Italia. Eppure, ancora persistono vincoli normativi e ostacoli culturali che rendono difficoltosa sia la gestione dei rifiuti risultanti dalle operazioni di riciclo, sia l'approvvigionamento della carta da riciclare.

La mancanza di allineamento tra norme tecniche e leggi, da un lato, e l'annoso ritardo nell'elaborazione e nell'applicazione di un decreto end of waste per i rifiuti in carta e cartone, dall'altro, espongono le imprese a importanti rischi in fase di ispezioni e controllo da parte delle Autorità competenti.

Scopriamo come il comparto cartario possa prevenire tali rischi e in che modo più consapevoli ed efficienti “controlli qualità” lungo tutta la filiera migliorino la gestione della carta da riciclare.

Summary

The efficacy of a paper mill's “recycling cycle” is fundamental to the development of the circularity of one of Italy's most important industrial sectors. Yet, regulations and cultural obstacles continue to create difficulties for both the management of waste from recycling operations and the procurement of Paper for Recycling.

Misalignment of technical standards and legislation, on one hand, and the long-standing delay in devising and adopting an end of waste decree for paper and board waste, on the other, expose companies to significant risks during inspections and testing carried out by the competent authorities.

Let us find out how the paper industry can prevent these risks and how more informed and efficient quality control throughout the industry will improve the management of Paper for Recycling.

1. Introduction

The paper industry has actually been a pioneer of what we now call the “Circular economy” for years. Yet, due to widely-known regulations and cultural obstacles, waste material management is increasingly less straightforward, in particular, in terms of the “recycling cycle”. Paper mills continue to deal with no shortage of problems, even when it comes to the procurement of Paper for Recycling (such as recovered raw material). Misalignment between legislation and technical standards (such as, Italian Ministerial Decree 5 February 1998, and UNI EN 643 - the Italian edition of the EU standard - and its revisions) has left room for interpretation. This, in addition to the fact that there is no specific End of Waste decree for paper and board waste, exposes companies to significant risks during the testing phase and during inspections performed as part of investigations by the authorities. Even incoming technological advances used to test Paper for Recycling (such as, Automated Bale Inspection Systems, like PTS's Balemat and CTP's NIR Moisture & Plastic Monitor) can cause problems, if not managed

correctly, since they are considered capable of effectively differentiating between paper which is suitable for recycling, and types of material which are not (that is, waste), although we do not agree with this view. The sector must, in turn, “defend itself” with continuous explanations of its processes and papermaking jargon, defining the field of application and definitions within the applicable technical standards even more clearly and unequivocally, in order to reduce the room left for distorted, or even “dangerous” interpretations. Consequently, we believe additional efforts must be made to define procurement and “quality” control procedures. These efforts must be clear and they must be made collectively. Effective training tools are required for the staff involved in the procurement chain (from those in charge of purchasing, to those managing raw material acceptance, handling and quality control operations). In light of the lack of clear regulations, only a collective approach, shared sector-wide, along with player awareness, can reduce the risks connected with the management of paper for recycling.

2. Recycling System and Reference Standards

Whether through industrial production cycles or end-users, the collection of paper and board for recycling is a key element of the environmental, social, and economic sustainability of the Italian paper industry. Thanks to input from COMIECO, Italy’s consortium for recovering corrugated fibreboard, which is made up of paper mills and converting companies, the collection rate across Italy has increased progressively, confirming improvements in paper recycling infrastructure. This growth has opened up new procurement sources for the industry, reducing the need to import, which is now limited to specific types of waste not available in sufficient quantities in Italy. Specifically, high rates of paper fibre recycling require larger quantities of fibre which can be sourced from countries where fibre produced from virgin material (i.e. well managed, sustainable forests) is still extensively used, such as North America. It is worth noting that:

1. Italy is currently the fourth country in Europe when it comes to recovered paper use, with a total of 4.89 million tonnes (ISTAT data for 2016 processed by Assocarta).
2. In Italy, every year, an equivalent of 20 medium-sized landfills of waste material are avoided, thanks to paper recycling.

Despite the obvious contribution Italy’s paper sector and the whole industry have made to the environmental and socio-economic advantage of the country, there are still objective difficulties when it comes to achieving clear, extensive regulations which make recovered raw material management “safe”. In anticipation of the approval of the awaited “End of Waste Decree” on paper and board materials, the sector finds itself forced to “fight” against references which, while the paper mills know them well, continue to leave too much room for interpretation. And as we know, interpretation is ever the source of litigation.

These references are:

a) **Ministerial Decree 5 February 1998** – “Identification of non-hazardous waste subject to simplified recovery procedures as according to articles 31 and 33 of Legislative Decree 5 February 1997, n° 22” (updated with Ministerial Decree 5 April 2006).

b) the sector technical standard **UNI EN 643**¹ (latest edition 2014) – “Paper and board - European list of standard grades of paper and board for recycling”;

The definitions of foreign materials (known as “impurities” in the ministerial decree and “non-paper components” in UNI EN 643) and their relative reference limits (a maximum of 1% in the former, and a maximum of 0.25% to 3% in the latter, depending on paper grade) can lead to distorted interpretations if these documents do not provide explanations which consider the historic and technical-scientific evolution from 1998 to present. In addition to the specific grades of Paper for Recycling they have to comply to, respecting these limits

means and has meant a material subject to recovery operations may no longer be classified as waste. It “turns into” a raw material, resulting in the “end of waste”.

These varying “limits” definitely do not help. There is no doubt that certain aspects need to be clearer.

Please refer to ASSOCARTA’s “**Position Paper Assocarta - foreign materials in Paper for Recycling – July 2019**”² which provides a guided interpretation of some aspects which may be unclear for non-experts.

In short, Ministerial Decree 5 February 1998 (now 20 years old!) set an “impurity” limit, since recovered waste features had to comply with the UNI EN 643 standard which, at the time, listed just a few paper grades (compared to today’s 95 circa). It also indicated no limits for “non-paper components” at all. Incidentally, we believe the Ministerial Decree did not indicate the edition of the standard so that it would conform with any future revisions.

The decree is clearly directed at purchasing of secondary raw material originating from waste recovery. It is worth remembering that some paper mills directly perform paper and board waste recovery and, in this case, the material is accepted as waste and converted directly into normal paper and board products. Likewise, there may also be paper and board by-products on the market which may be used directly in papermaking processes.

3. The role of Paper Mills and the responsibilities of the players

Put briefly, Paper and Board are recycled within an industry that consists of:

1. Collection Systems (Pre or Post-consumer)
2. Sorting Facilities (where the paper and non-paper components are sorted and unwanted or prohibited materials removed. This is the **recovery** section of the industry)
3. Paper Mills, where Paper for Recycling is **recycled** to produce new consumer goods

The sorting facilities supply the paper mills either directly or through sales agencies (just like other raw material suppliers).

The industry is heavily regulated by sector agreements and technical standards. The AN-CI-CONAI Agreement, for example, provides specific conventions between the COMIECO consortium and municipalities for secondary raw material provision upstream of the collection. The materials are sorted in compliance with UNI EN 643, compressed into bales, or other compliant forms, and sent for recycling within the paper industry.

After processing, the sorting facilities, which recover the paper from the waste collection, assess whether the material complies with technical standard UNI EN 643 and then grade the materials (providing they comply with the standard) or put them through recovery once more/handle them as waste (if they do not comply).

Providing the sorting facilities grade the processed materials as compliant with standard UNI EN 643 after recovery, **they leave the waste management chain officially and continue their journey to the paper mill as secondary raw material (end of waste).**

Paper mills procure materials that leave the sorting facilities as compliant with standard UNI EN 643.

In other words, within the paper recovery chain described above, it is **the recovery plant**, which performs the temporary holding, sorting and elimination of unwanted materials and foreign materials, **that is responsible for establishing the characteristics of the secondary raw material for the paper industry.**

4. Paper Mill Screening

Once the raw material or Paper for Recycling reaches the paper mill, guaranteed as compliant with standard UNI EN 643, the obligations of the buying industry are the same as those for

any raw material purchase: to check the documentation of the incoming load and perform an ordinary visual inspection of the actual (apparent) correspondence between that indicated in the documentation and that received.

All other checks that paper mills might decide to perform are typical “quality control” checks for received materials, just like those carried out for any raw material delivery.

And paper mills will perform their own checks on incoming supplies of Paper for Recycling to ensure compliance with trade agreements and the quality of the final product.

CEPI (Confederation of European Paper Industries) has produced several editions of guidelines on best practices for checks on paper for recycling.

Here is an outline of the checks proposed by the various CEPI guidelines “Best Practices for the Global Inspection of Recovered Paper” and “CEPI Paper for Recycling Quality Control Guidelines”³:

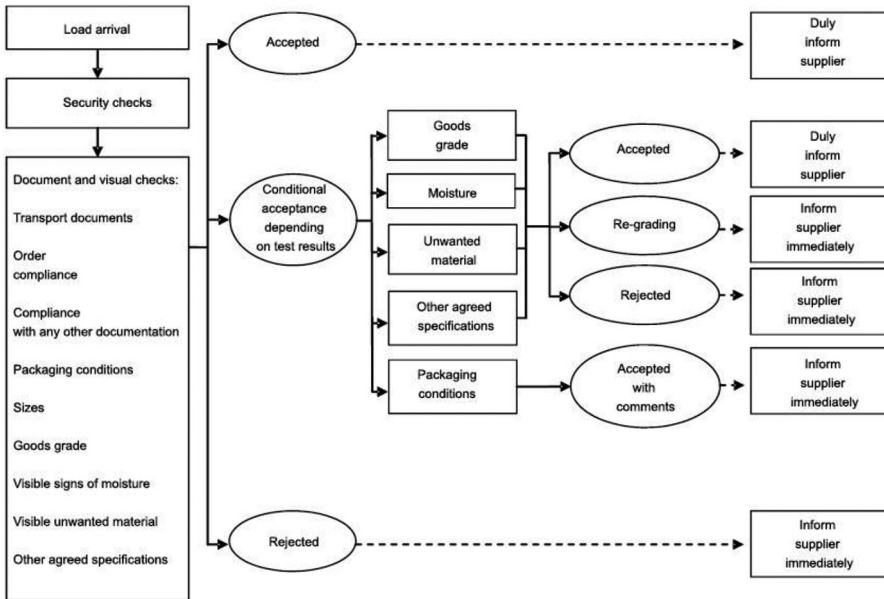


Fig. 1 – An outline of the checks the checks proposed by the various CEPI guidelines.

The main purpose of publishing these guidelines is to facilitate and lay the foundations for trade agreements between buyers and suppliers.

Specifically, “minimum requirement” inspections, defined as “First step: visual inspection (minimum requirement)”, are **DOCUMENT and VISUAL inspections** and may lead to three types of actions:

- 1) Load acceptance
- 2) Load rejection
- 3) Conditional acceptance depending on test result

In the third case, there is a further “**Second step: advanced visual inspection and/or gravimetric method**” which leads to further actions which, in the case of “Goods grading”, “Moisture”, “Unwanted material”, and “Other agreed specifications”, may lead to:

- 3 a) Load acceptance
- 3 b) Re-grading of the material (**from one grade defined by UNI EN 643 to another**)
- 3) Load rejection

“Packaging conditions” may lead to:

3 d) Acceptance with comments

In the event of the actions indicated at points 2, 3b, 3c and 3d, the supplier must be notified immediately and, if necessary, the load must be set aside for further joint checks.

To this regard, the different Italian and/or European (both pan-European or pertaining to individual states) trade associations of the players (buyers and suppliers) have issued a number of documents and guidelines to define inspection procedures and guide users in resolving issues regarding trade and disputes (e.g. ANCI-CONAI AGREEMENT 2014-2019 – Paper technical guide; Waste type inspection UNIRIMA, Assocarta, Assografici, COMIECO - rev. 5 of 04.06.2019).

As for sampling procedures, the UNI EN 17085 standard “Sampling procedures for paper and board for recycling” has also been available since June 2019⁴.

5. The technical evolution in paper mill screening

Industry efficiency has always been one of the primary objectives for COMIECO, Italy’s consortium for the recovery and recycling of packaging made from corrugated fibreboard. Their efforts have meant recycling objectives set by the law for the management of this type of waste were achieved well in advance, with over 80% recycled and 90% recovered. Since raw material quality is fundamental for paper mills (to the ends of achieving quality end products and producing less waste), many of them willingly participated in the initiative promoted by COMIECO to install Automated Bale Inspection systems intended to provide increasingly tighter quality controls for the paper coming from recovery facilities.

This technology has a coring tool 3 cm in diameter that can penetrate up to 70 cm circa into the bale of Paper for Recycling. A sensor system measures the moisture (the number one parameter to trade ends to avoid “buying water”) and other parameters (plastic, lignin and ash) to give an overall assessment of the paper’s compliance with the specified grades. (There are certain limits, though, but we will discuss these shortly.)

It should be emphasised that Automated Bale Inspection systems aim to check the Paper for Recycling grade trend as a whole for trade purposes. In order to guarantee the reliability of the data provided by its sensors, they must be compared with a significant number of samples using direct methods (e.g. weighing in laboratory). Any assessment of supply quality involves **long-term observation** of the same type of material.

Sampling of a single bale of paper and board for recycling is performed randomly, and according to probability, on specific quantities of small samples. Considering the small sample quantity examined, the test gives better results for characteristics which tend to be more homogeneous throughout the bale, for example, moisture.

The UNI EN 17085:2019 standard “Sampling procedures for paper and board for recycling” defines the type of sampling performed with Automated Bale Inspection systems as micro-sampling (please refer to point 3.5 and relative Note). Samples taken with Automated Bale Inspection systems are compared with “core drill” weights of between 200 and 300 grams circa. According to the Note at the same point 3.5 “*A micro-sample is typically less than 500 and may be used to measure moisture*”.

The standard goes on to specify, at point 5.2, the size of macro-samples as 150 kilograms, which may be lowered to an acceptable minimum of between 30 and 100 kilograms, in relation to the recovered paper grade, exclusively on the agreement of both parties.

At point 6.1, the standard specifies that “***Paper and board are generally inhomogeneous materials, implying numerous challenges in terms of sampling for small-scale laboratory testing. Due to the restrictions that this places on subsequent analyses, micro-sampling is considered***

necessary exclusively for certain parameters where migration within the sample may occur (that is, moisture content)". So while this sampling method may be used to some extent for parameters distributed uniformly within the bale, it is most certainly not feasible for parameters, such as plastic, which may be distributed inhomogeneously or may even be components of the material analysed. Other automatic methods are used to determine plastic. Sampling is performed by drilling through multiple layers of the bale and repeated at different points, with a statistical average determined from the IR spectra of the samples taken.

In its note dated 31 May 2019 (Prot. ACC-162687/2019-DMI/dmi), COMIECO stated that according to experiment results (on the possibility of using automatic testing tools for waste quality in comparison to the parameters indicated in UNI EN 643), the "moisture" parameter data proves reliable and may be used for trade checks in agreement with suppliers and to guarantee data reliability. **As for the "plastic" parameter, COMIECO concludes that, due to the limited sample quantity (and the material's heterogeneity), along with the sensor's technological limitations, which make it unable to distinguish plastic foreign bodies in the paper product, this technology cannot currently be used to grade the quality of the material analysed.**

So, with the exception of the moisture parameter, this technology cannot directly compare the specific results obtained with the limits indicated in UNI EN 643:2014. Automated Bale Inspection systems are unable to distinguish between **non-paper components** (as defined and regulated in UNI EN 643:2014, for example, plastic) and other recovered **paper and board components** (for example, plastic material from the "little window" on a spaghetti box or plastic film coupled with paper) as specified in the UNI EN 643:2014 definition.

Of course, in addition to the desired grade of paper raw material, paper mills endeavour to have less waste (waste disposal issues), and thus testing for the overall tendency of plastic quantity, whether component or foreign, certainly remains of interest.

6. Interpretation Risks

Let me explain what happened during an inspection in a paper mill where some issues emerged regarding the matter of checks on the secondary raw material purchased.

Basically, based on the Automated Bale Inspection systems data analysed, it was hypothesised that the company had somehow willingly accepted materials which did not comply with UNI EN 643 and, was thus, considered waste. Incidentally, the system had observed an average trend of "plastic" values coherent with the grades bought and "peaks" in the individual tests, as would normally be the case, due to the technological limits indicated in the COMIECO' note, so, of course, we believe this interpretation to be wrong.

By assessing the test results – which, nonetheless, are merely statistics relating to the average grade of the overall material received, but do not provide elements which either affirm or deny whether they had been wrongly graded by the individual supplier sorting facility (by the way, I will come to the representativeness of the individual core drill and lack of coherence between testing and data required according to UNI EN 643 later) – we obtain an average value of 1.57% of **total** plastic present. This figure, however, includes the so-called "plastic component" which does not lie within the percentage limit indicated by the UNI EN 643 standard. The calibration period of the technology was not considered in all this (the stabilisation of the trend is visible after the first two months of testing).

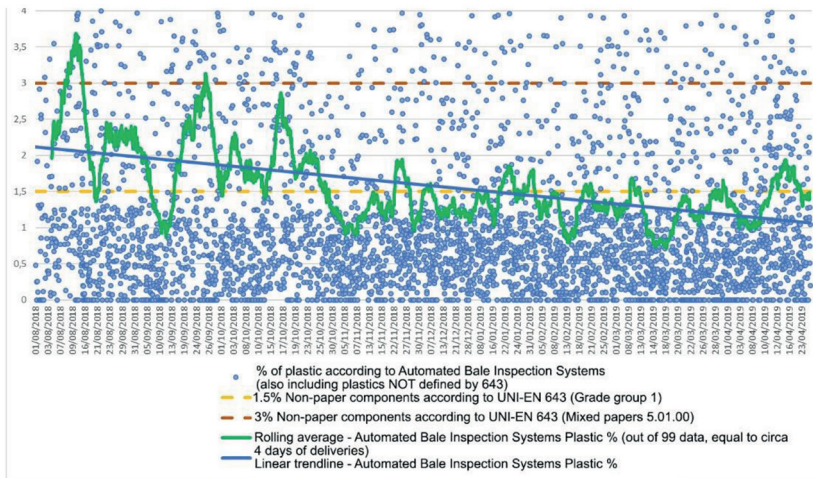


Fig. 2 – Processed Automated Bale Inspection Systems data Plastic parameter % in relation, although not correlatable, to certain limits indicated for the “non-paper components” in UNI EN 643:2014

So, in addition to the fact that the “plastic” results provided by Automated Bale Inspection systems cannot be compared with the limits set by UNI EN 643 when it comes to non-paper components, there is no actual legal obligation to check whether that declared by the sorting facilities as compliant according to the UNI EN 643 standard is actually correct (furthermore, attributing the buyer of the Paper for Recycling that “dual” responsibility could create disincentive to buy paper for recycling, going against industry efficacy).

We believe that paper mills most certainly have an obligation to be “diligent” when buying from licensed suppliers, and at market prices, however, they cannot take on the role of testing and be held responsible for the successful outcome of the sorting facilities’ actions.

7. Company procedures and training

In order to improve the procurement of Paper for Recycling and prevent problems, we advise paper mills implement procedures which provide for, not just quality controls, but also:

- Formal accreditation of suppliers (license to supply paper for recycling, permits, check business purpose, possible COMIECO registration, certifications, etc.)
- Clear, detailed purchase order issuing (what we want to purchase, references to UNI EN 643 and other reference standards)
- Any requests for a Declaration of conformity for the Paper for Recycling (End of waste), as according to article 184-ter, paragraph 3 of Legislative Decree 152/06 and as amended, provided by the supplier in the form of a self-certificate, as according to article 47 and 38 of Presidential Decree 28 December 2000, n° 445 (as indicated in the Guidelines for the application of the End of Waste regulations as according to article 184-ter, paragraph 3-ter of Legislative Decree 152/2006” - Resolution of the Italian Council for Environmental Protection. Session of 06/02/2020. Doc. n° 62/20 Guidelines of the same council 23/20). This declaration should be traceable to supplied lots.
- For purchases from outside of the EU, there must be proof that the grade purchased (possibly regulated by other standards) corresponds with those indicated by UNI EN 643. (It may thus be useful for sector associations involved to share code transposition tables to these ends).
- Where possible, the supplier should have an “**identification**” system for the recovered paper

supplied, in order to guarantee traceability of the lots purchased to the relative suppliers and to the documentation they provide (e.g. permits, conformity statements, analysis, etc.), in the event of disputes or inspections carried out by the authorities. Otherwise, an internal identification system should be combined with a traceability system.

- Management methods should be defined in the event of nonconformities (material re-grading to other standard grades) and also for when other parameters have been exceeded, such as, moisture and non-paper materials. In the latter case, if the material is not downgraded to another standard grade, it may be graded as WASTE and should be handled as such, considering certain difficulties: the producer would not be considered the paper mill, which, however, would detain the waste, in the event they had unloaded the goods while awaiting an explanation from the supplier. These aspects should be defined clearly when the contract is being drawn up to avoid management issues.

The staff dealing with purchases and those who manage acceptance, handling and testing operational phases should be appropriately trained on the contents that the paper mill's outgoing documentation must include, checking of documents which are required for goods acceptance, visual inspections, and analytical and instrumental testing, obtaining any photographic evidence and archiving all documentation.

8. Conclusions

The legislative framework surrounding Paper for Recycling must be adjusted to the current needs of the paper industry, with standardised definitions and limits. Paper mills don't have to be the weak link in the system. Paper mills produce goods and guarantee the longevity of the recycling industry.

Paper mills should be sharing their experiences collectively in order to bolster the sector's approach and define procedures which can be applied consistently by companies.

Once procedures and instructions have been defined, and collective agreements have been made on the competence set necessary for the workers on the front-line and the possible gap to be filled, specific training activities must be provided for. The awareness of all operators becomes fundamental to guarantee paper mill productive continuity.

References

- [1] UNI EN 643:2014 "Carta e cartone - Lista europea delle qualità unificate di carta e cartone da riciclare" (Paper and board - European list of recovered paper and board standard grades)
- [2] Position Paper Assocarta - Foreign matters in recovered paper – July 2019
- [3] CEPI Paper for Recycling Quality Control Guidelines – November 2016
- [4] UNI EN 17085:2019 "Procedure di campionamento di carta e cartone da riciclare" (Sampling procedures for recovered paper and board)
- [5] COMIECO - note dated 31 May 2019 (Prot. ACC-162687/2019-DMI/dmi)

Domani - Prototipo abitativo di architettura circolare

Andrea Rinaldi, andrea.rinaldi@unife.it, Dipartimento di Architettura di Ferrara

Riassunto

Domani è il nome di una casa, una casa per il futuro, progettata dal Laboratorio di Architettura di Reggio Emilia, vincitrice del Consulto ECOLUOGHI 2018 - Case per un abitare sostenibile, bandito dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, Associazione Mecenate 90, Unioncamere. Una casa di 45 mq, modulare ed estendibile, pensata per essere costruita a secco "off-site" in stabilimento e assemblata in cantiere per velocizzare il processo di costruzione, ridurre i materiali di scarto, facilitare il disassemblaggio, riusando i materiali in un nuovo ciclo produttivo.

Summary

Domani is the name of a house, a house for the future, designed by the Laboratorio di Architettura Reggio Emilia, winner of the 2018 ECOLUOGHI Consultation - Houses for sustainable living, banned by the Ministry of the Environment for the Protection of the Territory and Mare, Mecenate 90 Association, Unioncamere. A 45 sq. m house, modular and extendable, designed to be dry built "off-site" in the factory and assembled on site to speed up the construction process, reduce waste materials, facilitate disassembly, reusing the materials in a new production cycle.

1. Introduzione

Perché la casa di domani non potrà essere la casa del passato? Perché l'architettura è la forma concreta delle ambizioni culturali e di sviluppo di una determinata società in un preciso momento storico. Il momento storico ci dice che i metodi che si utilizzano sono ormai inadeguati per rappresentare il cambiamento in atto. Ci dice che la crisi economica, di cui si sta pagando il conto, ha mostrato in modo inequivocabile i limiti del modello di crescita che si è adottato, con notevoli conseguenze per una consistente parte della popolazione mondiale. Ci dice che l'emergenza ambientale, di cui ancora non si vuole visualizzare i reali pericoli, sta condizionando molte scelte che si fanno nei settori di sviluppo, anche se ancora ininfluenti nel settore edile. Ci dice che la tecnologia che sta invadendo ogni dimensione dello spazio urbano accelera violentemente il cambiamento in tutti i settori: l'innovazione supera in rapidità ogni possibile immaginazione.

Nella storia, la casa unifamiliare ha lasciato traccia di tutti i pensieri che hanno trasformato cultura e architettura. Tema principale delle profonde innovazioni teoriche del Novecento, ha interpretato l'evoluzione delle esigenze e dei cambiamenti. Ha suggerito, meglio di qualsiasi altra tipologia architettonica, nuovi modi di vita. Si presta a sperimentare linguaggi e a sottolineare le tendenze in atto nella società ed è stata spesso il manifesto delle nuove teorie architettoniche.

2. Relazione

Il bisogno innato dell'uomo di sentirsi a casa, di tornare alla propria casa, sia essa ubicata in un centro storico o in una periferia, indica quanto l'abitare per ognuno di noi una grande condizione di benessere con noi stessi e con l'esterno. Abitare vuol dire vivere ed esistere, rappresentare un modo di essere e di intendere il mondo.[1] Queste poche righe a introduzione di un testo sulla rigenerazione urbana ci fanno comprendere, nel caso ce ne fosse bisogno, l'importanza della casa nella definizione della città di domani. La casa, versione evoluta della caverna e della capanna, esiste da sempre per la ragione specifica di isolarsi dal mondo circostante. La casa è vista pertanto principalmente come rifugio, in cui isolarsi per chiudere il mondo fuori. Rifugio fisico e psicologico, l'ha definita Alain de Botton. [2] Estratta dal contesto questa affermazione potrebbe avere una pericolosa componente nostalgica, con il risultato che si confonde la casa di domani con la casa del passato: per sgombrare subito il campo da possibili equivoci, la casa di domani non potrà essere la casa del passato.

La casa unifamiliare può, pertanto, tornare a essere un campo di sperimentazione per i modelli di abitare di domani? Credo di sì. Sarà necessario, prima di tutto, ripartire dalle conoscenze e dalle esperienze che già abbiamo per generarne nuove. La cosa interessante per la casa di domani sarà che, man mano che la vita cambia, anche l'architettura deve fare lo stesso. *C'è già chi teorizza che in poco tempo la maggior parte delle persone, soprattutto tra le nuove generazioni, non avrà più bisogno di case fisse e cercherà di volta in volta spazi flessibili e temporanei in cui fermarsi. Si tratterà di una popolazione abituata alla connettività rapida, alla flessibilità estrema, al distacco dal possesso di oggetti e beni, in sintesi abituata a un modo diverso di abitare e condividere i luoghi.*[3]

Le case in cui viviamo non sono intrinsecamente inadeguate, inquinate o invivibili per destino, lo sono perché noi le abbiamo costruite così. La crescita economica lineare, accelerata dall'avvento incontrollabile delle tecnologie digitali, ci sta conducendo a sistemi di vita senza una via di uscita, inadeguati a garantire un futuro alle generazioni a venire: *“dobbiamo ricalibrare la prosperità basandosi sul funzionamento degli ecosistemi e su quello che possono effettivamente rigenerare”*. [4] Quando qualcosa non è più adeguato ai modi di vita, gli architetti hanno la responsabilità di cambiarlo: fare in modo che non siano le nostre case a costringerci in un sistema arretrato o errato, ma che siano esse stesse a suggerirci nuovi e diversi modi di abitarle per costruire un futuro diverso. Riuscire a cambiare la realtà delle cose invece che semplicemente subirla è l'obiettivo di ogni ricerca futura per la casa di domani. Non possiamo pensare di cambiare le cose se non cambiamo il modo con cui le facciamo.

Se è vero che il futuro appare difficile da prevedere, perché non è dato di sapere esattamente come potrà essere la casa di domani, è pur vero che può essere esplorato. La casa di domani sarà sensibilmente diversa da quella attuale per dimensioni, caratteristiche, tecnologie: ma come?

Cambiare l'idea che abbiamo della casa non significa cambiare solo le dimensioni spaziali. La staticità fisica dello spazio è accompagnata dalla dinamicità delle emozioni che ne determinano il valore: relazioni, conversazioni, vissuti, esperienze e tutto ciò che può succedere attorno alle mura.

I cambiamenti saranno influenzati dalle tendenze che sono osservabili oggi, oltre che dalle esperienze del passato. Un'analisi accurata delle tendenze in atto ci consentirà di evitare errori di pianificazione e di sviluppo, di percorrere vicoli ciechi o strade inutili al cambiamento. Sarebbe bello pensare di vivere in un pianeta costruito di case basse, circondate da verdi giardini, legate tra loro in piccole comunità autosufficienti, anche se tutto questo corrisponde a pura utopia: non abbiamo a disposizione lo spazio necessario per tutti e non saremo in questo caso grado di conservare il pianeta che abbiamo preso in prestito dai nostri figli. Dobbiamo percorrere altre strade [5].

Che cosa si può fare da subito? In questo periodo di forti cambiamenti, la difficoltà più grande è quella di costruire progetti sperimentali che guardino alla costruzione di un futuro diverso: bloccati da norme inutili, interessi di parte e dalle masse che vedono ogni cambiamento come una minaccia. Non esiste una soluzione univoca per ogni situazione, società, cultura, ma una moltitudine di soluzioni differenti, ognuna con le proprie peculiarità, con l'obiettivo di trasformare le criticità in opportunità.

L'attenzione per un abitare più etico non è da pensare limitata solamente alla scelta dei materiali, che ne sono una conseguenza, ma deve rivolgersi a una nuova concezione degli spazi per abitare, che nella loro semplicità riescano a trasmettere l'esigenza del cambiamento trasformandolo in abitudine. L'attenzione per un ciclo economico circolare comporta nuove idee per il progetto dell'architettura che deve concentrarsi sul progetto delle relazioni piuttosto che sugli oggetti, sul servizio invece che sul prodotto.

Possiamo pensare, pertanto, agli *edifici come servizi* connessi a reti intelligenti, dove il consumo è sostituito dall'uso, dove le persone possono condividere gli stessi spazi, fare cose in spazi vuoti, che danno origine ad una città:

+*sicura*, capace di resistere al nuovo clima, che prolunghi la vita del patrimonio esistente, che sappia resistere all'incertezza del domani (terremoti, inondazioni, siccità, ...);

+*densa*, che consumi meno suolo vergine, che riduca spostamenti e infrastrutture, che migliori la vita delle persone;

+*fluida*, capace di creare diversi tipi di spazi e di modi d'uso in luoghi che esistono già, che sappia adattarsi con piccoli cambiamenti intelligenti dove ci sono edifici;

+*condivisa*, che costruisce connessioni tra le parti, che crea un'economia rigenerativa e distributiva, che migliora la fruibilità creando luoghi di vita negli edifici.

La possibilità di intervenire nella città esistente con l'aggiunta di porzioni incrementalmente, oggi definite *addizioni volumetriche* apre nuovi scenari dove architettura ed economia si incontrano: sono necessarie nuove idee per pensare a costruzioni leggere, modulari, smontabili, trasportabili, flessibili..., che si aggiungano con discrezione al territorio costruito per ridisegnare il paesaggio urbano, prestando attenzione alle risorse. Affrontato, infatti, il tema dell'efficienza e dell'energia sostenibile, i temi da risolvere domani saranno acqua e rifiuti, che richiedono altre idee per una speranza di successo.[6]

Questo scenario potrebbe rappresentare una rivoluzione comparabile a quella che gli smartphone hanno generato in campo digitale. Lo smartphone è, infatti, un oggetto integrato che racchiude in sé molteplici funzioni: è telefono, orologio, agenda, computer, internet, gioco, musica, video, strumento di acquisto e diverrà domani tante altre cose. Analogamente, lo strumento dell'aggiunta volumetrica può racchiudere in sé la risposta a tutte le esigenze che un edificio esistente si troverà ad affrontare domani dal punto di vista energetico, strutturale, economico, sociale: permette di riprogettare, ricostruire, curare, ridefinire, riorganizzare, densificare porzioni di città, in funzione delle necessità di una comunità.

È l'idea di una *progettazione per strati*, individuati dal progettista e riconoscibili dall'utente, semplici, disassemblabili, componibili per funzioni compatibili. Ogni strato è una risposta a una necessità, ha una sua durata nel tempo, ha una sua incidenza economica. [7]

Una progettazione per strati coniuga l'efficacia delle scelte di (ri)composizione architettonica e spaziale con l'efficienza delle scelte di riuso sulle mutanti esigenze della comunità.

Una progettazione per strati può trasformare l'architettura da sistema immutabile e lineare in sistema semplice, esatto, economicamente circolare costruito come un oggetto.

Una progettazione per strati vuol ripensare l'approccio al progetto di architettura in funzione di un suo disassemblaggio, di una sua adattabilità nel tempo, della possibilità di essere costruito per frammenti, uno dopo l'altro.

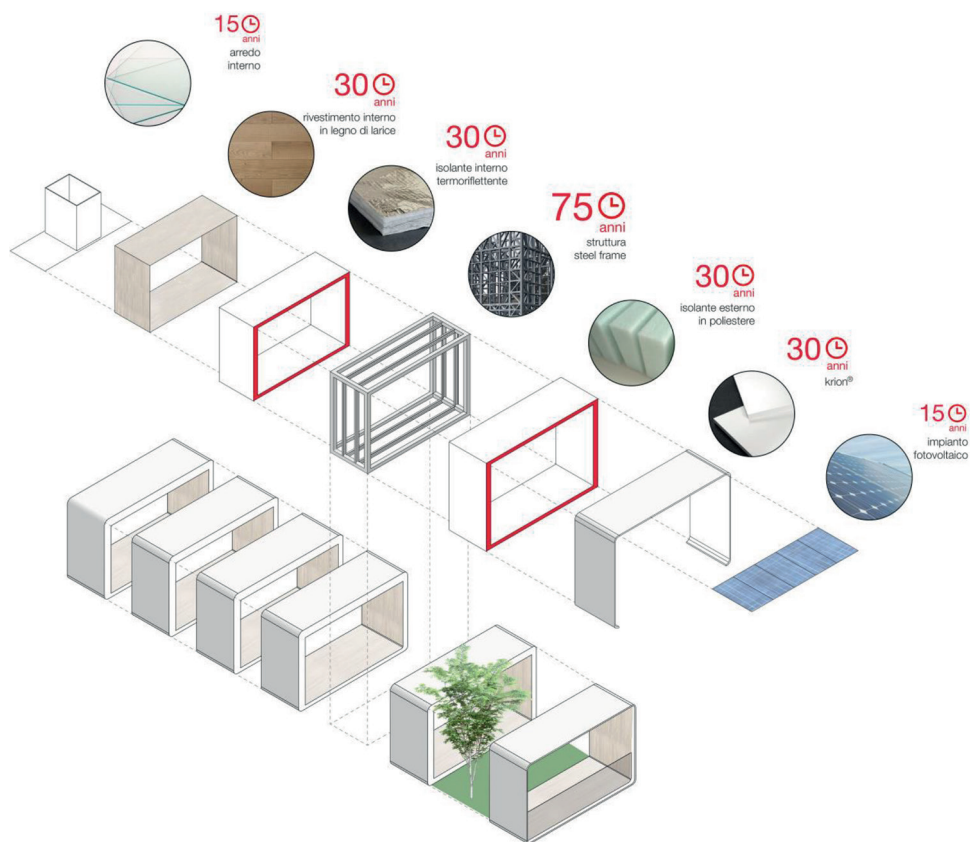


Fig. 1 – Concept e componenti degli “strati” di Domani

2.1 Domani: un prototipo di progettazione per strati

Domani è il nome di una casa, una casa per il futuro, progettata dal Laboratorio di Architettura di Reggio Emilia (Andrea Rinaldi e Roberta Casarini), con gli ingegneri Elena Cattani e Marco Ruggieri e vincitrice del Consulto ECOLUOGHI 2018 - Case per un’abitare sostenibile, bandito dal Ministero dell’Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, Associazione Mecenate 90, Unioncamere. Domani è una casa:

-*semplice*, perché valorizza l’efficacia delle scelte compositive con l’efficienza delle scelte tecnologiche, usa di meno per ottenere di più. *Domani* è uno spazio abitativo semplice pensato per soddisfare le necessità degli abitanti: esattezza, riduzione, essenzialità, minimo, sobrietà, sono le chiavi di lettura del processo di progetto che conduce al concetto di semplicità.

Domani è pensato a moduli di 1,80 x 5 ml ad altezza ridotta di 2,40 ml per incrementare la densità della città (ogni dieci piani ne ricavo uno in più), costruiti interamente in fabbrica, portati in cantiere con autocarri, sollevati in quota con gru e assemblati tra loro con collegamenti meccanici. I punti di contatto esterni sono sigillati per la tenuta all’aria con profili di neoprene, mentre all’interno ospitano i binari elettrificati per la gestione portatile della corrente elettrica. Il modulo impianti contiene tutti gli impianti della casa: sanitari, idrici, di scarico, di ventilazione meccanica controllata, di riscaldamento a con un innovativo sistema a pompa di calore integrato, alimentato dall’impianto fotovoltaico integrato sul tetto. La modularità

consente diverse variazioni di forma e di taglia (S, M, L, XL), che possono adattarsi a luoghi e rispondere a necessità differenti.

Pensato come immagine del futuro, *Domani* è caratterizzato da una forma pura, con gli angoli arrotondati che valorizzano continuità e compattezza, un grande tubolare metallico di colore bianco all'esterno e rivestito all'interno con lastre capaci di assorbire i composti organici volatili (VOC), interrotto solamente dalla forma e posizione del patio verde: patio e casa sono elementi inscindibili di un nuovo modo di vivere in equilibrio con la terra. Due grandi vetrate ad alta efficienza comandate digitalmente dallo smartphone delimitano la parte abitativa composta da uno spazio unitario, dove non esistono suddivisioni funzionali, ma attrezzature e arredi fruibili informalmente: in ogni punto possono svolgersi diverse attività. Un lungo piano orizzontale segue longitudinalmente lo spazio e contiene tutte le attrezzature, il locale bagno è pensato come un'attrezzatura in vetro cui accedere per le singole attività, mentre l'armadio è un insieme di appendiabiti distribuiti nello spazio, non esistono prese elettriche o interruttori fissi a favore dell'idea di una portabilità della corrente grazie ai profili elettrificati: una *diversa idea di spazio* che anticipa i cambiamenti del futuro;

-*circolare*, perché riprende gli ecosistemi, che sfruttano la fisica e le materie prime che hanno a disposizione per soddisfare con efficacia le necessità e promuovere l'efficienza energetica e strutturale. Costruito con tecnologie stratificate leggere a secco facilmente assemblabili e disassemblabili, *Domani* non è un oggetto statico, ma pensato in funzione dei flussi di aria, acqua, luce, suono, energia, materie prime e persone.

La struttura portante è realizzata con tecnologie in acciaio (steel frame), la nuova frontiera delle costruzioni leggere capace di elevata resistenza con limitato uso di materia e soli 75 mm di larghezza, appoggiato sulla struttura di consolidamento statico dell'edificio sottostante. La coibentazione è realizzata internamente con isolanti sottili termoriflettenti, ed esternamente in pannelli di poliestere di spessore 120 mm ottenuti dalla riconversione dei rifiuti plastici, fino a ottenere un involucro con $U= 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$. Esternamente la facciata ventilata è rivestita da lastre termo-curvate di Krypton di colore bianco: capaci di un'elevatissima riflessione solare e resistenza agli UV, a elevate proprietà antibatteriche, e capacità fotocatalitiche con possibilità di purificare, per ogni unità abitativa, l'aria che respirano circa mille persone in un anno. Minerale ottenuto dall'ossido di alluminio, il Krypton è completamente riutilizzabile alla sua dismissione. Internamente una doppia lastra di fibrocemento dall'elevata capacità termica, accoppiata a una bianca lastra che assorbe i VOC, va a formare una massa termoregolatrice diffusa su tutta la superficie, efficace per l'accumulo interno. Le vetrate a triplo vetro inserite alla perfezione nel monoblocco prefabbricato con integrato il sistema di VMC decentralizzato completano l'intero involucro.

Il comportamento climatico invernale è garantito dall'alta coibentazione dell'involucro (12 kW/mq) ottimizzato dal comportamento termoregolatore della massa interna diffusa: il sistema di riscaldamento a pannelli infrarossi integrato ne completa il funzionamento. Il comportamento climatico estivo, invece, lavora sulla riflessione del calore dell'involucro bianco in Krypton, la schermatura con tende solari esterne delle ampie vetrate e sul comportamento di accumulo della massa interna, oltre alla ventilazione naturale notturna, e quando questa non è possibile, al funzionamento in free-cooling della VMC.

Gli strati di composizione di *Domani* avranno differente durata nel tempo. La struttura è quella più longeva, poi l'involucro esterno, poi il rivestimento interno, poi gli impianti, poi gli arredi. Pensato nel suo assemblaggio ma anche per il successivo disassemblaggio che consente di riutilizzare o riconvertire al termine del proprio ciclo di vita ogni materiale, in un'idea di ciclo economico circolare che minimizza la produzione di rifiuti.[8]

3. Conclusioni

Osservando le città di oggi si ha la sensazione che siano inadeguate ad affrontare le sfide che ci attendono: rubiamo il domani e lo vendiamo nell'oggi. Prepariamoci, pertanto, a vivere in un mondo con meno risorse, meno energia a disposizione, dove l'unica certezza è l'incertezza: certi e inevitabili saranno invece i cambiamenti nei modi di vivere e, di conseguenza, nei modi di trasformazione della città. Progettare architettura riguarderà principalmente la rigenerazione architettonica, energetica, strutturale, sociale, dell'esistente. Le città, meta di migrazione e in tumultuosa crescita, dovranno essere ripensate, per rispondere all'aumento della popolazione, alla crescente dissoluzione del suolo, alle modificazioni dei sistemi di vita. Possiamo pensare, quindi, di densificare la città per ridurre le distanze, le esigenze di mobilità veicolare, recuperare gli spazi inutilizzati, ripensare i paesaggi urbani, ridurre l'impatto energetico nell'ambiente.

La soluzione potrebbe essere a portata di mano, perché tutte quelle città che stiamo costruendo sono opportunità: possiamo fare molto di più che costruire case, possiamo cambiare il modo di intendere la città, con nuove visioni e strategie capaci di innovare con creatività.

Domani rappresenta un modo diverso di intendere la città.

Bibliografia

[1] **Soliani A.**, in *Qualificare le città, rigenerare le periferie*, (2018) AA. VV. (a cura di Stefano Storchi), Monte Università Parma Editore, Parma

[2] **De Botton A.**, (2006) *Architettura e felicità*, Guanda Editore, Parma

[3] **Molinari L.**, (2016) *Le case che siamo*, Nottetempo Edizioni, Roma.

[4] **Raworth K.**, (2017), *L'economia della ciambella*, Edizioni Ambiente, Milano

[5] **Ratti C, Claudel M.**, (2017), *La città di domani*, Giulio Einaudi Editore, Torino.

[6] **Cattani E.**, (2017), *The Add-ons strategy. Volumetric additions for deep energy renovation of existing buildings*, LAP Lambert Academic Publishing

[7] **Cheshire D.**, (2016), *Building Revolutions*, Riba Publishing, Newcastle Upon Tyne, UK.

[8] **Mc Donough W., Braungart M.**, (2003), *Dalla culla alla culla*, Blu Edizioni, Torino

REACH ed economia circolare: la tracciabilità delle sostanze pericolose nei prodotti

Debora Romoli debora.romoli@isprambiente.it ISPRA Roma,
Serena Santoro CNR-Istituto sull'Inquinamento Atmosferico c/o MATTM Roma

Riassunto

Il presente articolo ha lo scopo di illustrare gli elementi di interazione tra il Regolamento (CE) n. 1907/2006 – Regolamento REACH sulle sostanze chimiche e l'economia circolare, con particolare riferimento alla tracciabilità delle sostanze pericolose nei prodotti. Vengono messe in evidenza alcune criticità ma anche le opportunità che il Regolamento REACH offre per la transizione verso un modello di economia circolare.

Il Regolamento REACH, concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche, permette di acquisire conoscenze sui pericoli, sugli usi e sui rischi delle sostanze. Uno degli obiettivi del Regolamento è di eliminare progressivamente l'uso delle sostanze più pericolose, denominate sostanze estremamente preoccupanti (SVHC, Substances of Very High Concern), promuovendone la sostituzione con alternative più sicure. In un'ottica di economia circolare, è fondamentale la riduzione della presenza di sostanze pericolose nei materiali da recuperare. Il Regolamento prevede inoltre l'obbligo di comunicazione delle informazioni sulle sostanze lungo la catena di approvvigionamento. Il buon funzionamento di tale sistema di scambio di informazioni favorisce la tracciabilità delle sostanze chimiche nei prodotti, facilitando le attività di recupero.

La futura banca dati SCIP "Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)" dell'ECHA, istituita a norma della direttiva (UE) 2018/851 sui rifiuti, sarà centrale per garantire la trasparenza dell'informazione sulle sostanze estremamente preoccupanti presenti negli articoli e nei prodotti lungo il loro intero ciclo di vita, e per consentire agli operatori impegnati nelle attività di recupero di conoscere le caratteristiche dei materiali trattati.

Summary

The purpose of this article is to illustrate the elements of interaction between Regulation (EC) no. 1907/2006 on chemicals (REACH Regulation) and the circular economy, with particular reference to the traceability of hazardous substances in products. Some critical issues are highlighted but also the opportunities that REACH Regulation offers to the transition towards a circular economy model. REACH Regulation, concerning the registration, evaluation, authorization and restriction of chemicals, allows to know the hazards, uses and risks of substances. One of the objectives of REACH is to phase out the most hazardous substances, called Substances of Very High Concern (SVHC), promoting their substitution with safer alternatives. From a circular economy perspective, it is essential to reduce the presence of hazardous substances in the recovered materials. The Regulation also provides the obligation to communicate information on substances along the supply chain. The proper functioning of this information exchange system favors the traceability of chemicals in products, facilitating recovery activities.

The future database for information on Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products) of ECHA, established under Directive (EU) 2018/851 on waste, will be central to ensure the transparency of information on Substances of Very High Concern in articles and products throughout their entire life cycle and to allow waste operators involved in the recovery activities to know the characteristics of the treated materials.

1. Introduzione

Il Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio [1], denominato Regolamento “REACH” (dall’acronimo di *Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals*) costituisce un sistema integrato per la registrazione, la valutazione, l’autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche. Il regolamento, costituito da 141 articoli e 17 allegati tecnici, è entrato in vigore nell’Unione europea il 1° giugno 2007.

Il Regolamento REACH prevede:

- la registrazione delle sostanze chimiche fabbricate o importate nell’Unione europea in quantità maggiori di una tonnellata per anno. La registrazione di una sostanza consiste nella presentazione, da parte dei fabbricanti o degli importatori, di un dossier contenente le informazioni sulle proprietà fisico-chimiche, tossicologiche, ecotossicologiche e sugli usi della sostanza, nonché sulle modalità messe in atto per controllare i rischi per la salute umana e per l’ambiente;
- la valutazione da parte delle Autorità Competenti degli Stati membri in collaborazione con l’Agenzia europea per le sostanze chimiche ECHA (*European Chemicals Agency*) dei dossier di registrazione e delle sostanze considerate prioritarie per quantità e caratteristiche di pericolosità. Lo scopo della valutazione è di verificare se i rischi di ciascuna sostanza per la salute umana e per l’ambiente siano adeguatamente controllati;
- l’autorizzazione, solo per usi specifici, delle “sostanze estremamente preoccupanti”, le cosiddette SVHC – *Substances of Very High Concern*, come le sostanze CMR – Cancerogene, Mutagene e tossiche per la Riproduzione, le PBT – Persistenti, Bioaccumulabili e Tossiche, le vPvB – molto Persistenti e molto Bioaccumulabili e le IE - Interferenti Endocrini. Le domande di autorizzazione, presentate dalle imprese devono contenere, tra l’altro, un’analisi di possibili sostanze o tecnologie alternative in modo da poter eliminare gradualmente le sostanze estremamente preoccupanti;
- l’adozione di restrizioni per le sostanze che presentano rischi specifici per l’ambiente e la salute umana.

Il Regolamento REACH ha inoltre istituito l’Agenzia europea per le sostanze chimiche - ECHA, la cui sede è a Helsinki. L’Agenzia svolge un ruolo di coordinamento tecnico-scientifico delle attività previste dal regolamento, fornisce informazioni al pubblico e alle imprese, sviluppa e adotta strumenti di supporto e documenti tecnici di orientamento. L’ECHA gestisce la banca dati sulle sostanze chimiche fra le più grandi al mondo, con informazioni su circa 23.000 sostanze registrate ai sensi del Regolamento REACH.

La corretta gestione dei rischi delle sostanze chimiche ha un ruolo fondamentale nel raggiungimento dell’obiettivo di un’economia circolare.

Come definito nel Piano di azione dell’Unione europea per l’economia circolare del 2015 [2], l’economia circolare è un modello di produzione e consumo in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile, la produzione di rifiuti è ridotta al minimo e i prodotti a fine vita diventano nuove risorse e il loro recupero rappresenta un valore per il mercato. L’Unione europea è fortemente impegnata nella transizione verso un modello di economia circolare e, fra le azioni previste dal Piano di azione del 2015, vi erano quelle di analizzare l’interazione fra normativa in materia di sostanze chimiche, prodotti e rifiuti e di operare

una completa revisione del quadro legislativo in materia di rifiuti. Tale revisione ha portato, tra l'altro, all'adozione della nuova direttiva sui rifiuti, Direttiva (UE) 2018/852 [3], in cui si è tenuto conto delle interconnessioni con la normativa sulle sostanze chimiche, in particolare per quanto concerne la tracciabilità delle sostanze pericolose nei prodotti.

2. Interazione tra Regolamento REACH ed economia circolare

Nel gennaio 2018 la Commissione europea ha presentato la “Comunicazione sull’attuazione del pacchetto sull’economia circolare: possibili soluzioni all’interazione tra la normativa in materia di sostanze chimiche, prodotti e rifiuti” [4].

Nel documento la Commissione individua quattro questioni prioritarie:

- assicurare la disponibilità di informazioni sulle caratteristiche dei prodotti e dei materiali da recuperare agli operatori impegnati nelle operazioni di recupero e nella produzione di beni ottenuti da materiali riciclati;
- affrontare il problema delle cosiddette *legacy substances*, vale a dire le “sostanze ereditate” dal passato, presenti nei prodotti e materiali da riciclare. Tali sostanze non possono più essere utilizzate a causa dei loro rischi per la salute umana e per l’ambiente (restrizioni);
- armonizzare i criteri per stabilire quando un rifiuto cessa di essere tale, diventando nuova materia, i cosiddetti “criteri end-of-waste”. La mancata armonizzazione a livello europeo ostacola fortemente il recupero di materie prime secondarie;
- orientare gli operatori e le autorità nazionali verso un approccio comune riguardo alla classificazione dei rifiuti pericolosi. Le norme per stabilire se un rifiuto debba essere classificato come pericoloso non sono, infatti, pienamente allineate con le norme relative alla classificazione delle sostanze e questo genera incertezza giuridica e impatti negativi sull’utilizzo di materie prime secondarie.

Nel nuovo Piano di azione per l’economia circolare della Commissione europea del marzo 2020 [5], viene ribadita la necessità di analizzare le correlazioni fra economia circolare e normativa in materia di sostanze chimiche ed è sottolineata l’importanza di:

- sviluppare soluzioni volte alla sostituzione delle sostanze pericolose, anche attraverso Horizon Europe, il nuovo Programma Quadro Europeo per la Ricerca e l’Innovazione per il periodo 2021-2027;
- elaborare metodologie per ridurre al minimo la presenza di sostanze che destano preoccupazione nei materiali riciclati e nei prodotti da essi ottenuti;
- mettere a punto, in collaborazione con l’industria, sistemi che garantiscano la tracciabilità delle sostanze preoccupanti presenti nei prodotti.

2.1 Le opportunità del Regolamento REACH per la transizione verso un’economia circolare

La tracciabilità delle sostanze più pericolose e la riduzione della presenza di queste ultime nei prodotti sono fondamentali per favorire la transizione verso un modello di economia circolare. Il Regolamento REACH permette di acquisire, attraverso la registrazione e la valutazione delle sostanze, conoscenze sulle proprietà di pericolo, sugli usi e sui rischi delle sostanze presenti nei prodotti. Inoltre uno degli obiettivi del Regolamento è quello di eliminare progressivamente l’uso delle sostanze estremamente preoccupanti promuovendone la sostituzione con alternative più sicure. Infine il Regolamento REACH prevede l’obbligo di comunicazione delle informazioni sulle sostanze chimiche lungo la catena di approvvigionamento (articoli dal 31 al 36). Il buon funzionamento di questo sistema di scambio di informazioni tra i soggetti coinvolti favorisce la tracciabilità delle sostanze chimiche nei prodotti, facilitando il riciclo e il riutilizzo delle materie prime.

2.2 Tracciabilità delle sostanze preoccupanti e banca dati SCIP

Al fine di promuovere la riduzione del contenuto di sostanze pericolose negli articoli¹ e nei prodotti², inclusi quelli riciclati, e garantire che le informazioni sulla presenza di sostanze estremamente preoccupanti siano disponibili durante l'intero ciclo di vita dei prodotti e degli articoli, la direttiva (UE) 2018/851 sui rifiuti ha conferito all'ECHA il compito di sviluppare una banca dati contenente le informazioni presentate all'Agenzia dalle aziende che immettono articoli sul mercato europeo che contengano sostanze estremamente preoccupanti incluse nell'elenco delle sostanze candidate³.

La banca dati, denominata SCIP - *Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)*, integra gli obblighi di comunicazione e notifica esistenti per le SVHC contenute negli articoli del Regolamento REACH⁴ e costituisce lo strumento chiave per garantire la tracciabilità di tali sostanze negli articoli e nei prodotti.

L'obbligo di trasmettere le informazioni all'ECHA da parte dei fornitori⁵ di articoli contenenti SVHC presenti nell'elenco delle sostanze candidate in concentrazioni superiori allo 0,1% in peso entrerà in vigore a partire dal 5 gennaio 2021. Le informazioni riguarderanno: dati che consentono l'identificazione dell'articolo; il nome e l'intervallo di concentrazione della sostanza estremamente preoccupante e altre informazioni relative all'uso sicuro dell'articolo, in particolare quelle che garantiscano la corretta gestione quando nella fase di fine vita. L'elenco dettagliato di tutte le prescrizioni in materia di informazioni è stato pubblicato da ECHA nel settembre 2019 [6] ed è stato sviluppato in collaborazione con la Commissione europea, gli Stati membri e le parti interessate, come associazioni di categoria e industriali, operatori dei rifiuti e ONG.

Le informazioni contenute nella banca dati SCIP saranno accessibili al pubblico e agli operatori che gestiscono i rifiuti con l'obiettivo di colmare le attuali lacune nel flusso delle informazioni. Allo stesso tempo, l'Agenzia garantirà la protezione delle informazioni commerciali riservate, quali ad esempio i dati che consentono di stabilire legami tra i soggetti della stessa catena di approvvigionamento.

Recentemente l'ECHA ha reso disponibile un prototipo della banca dati SCIP⁶ per consentire alle imprese di acquisire familiarità con la preparazione delle notifiche e testare la funzionalità di invio prima che il processo inizi ufficialmente alla fine di ottobre 2020.

2.3. Obiettivi della banca dati SCIP

L'obiettivo principale della banca dati SCIP è assicurare che le informazioni relative alle sostanze estremamente preoccupanti siano disponibili durante l'intero ciclo di vita dei prodotti e degli articoli, inclusa la fase di smaltimento in quanto rifiuti.

A questo se ne affiancano anche altri:

- ridurre la produzione di rifiuti contenenti sostanze estremamente preoccupanti, promuovendo la sostituzione progressiva di tali sostanze con alternative più sicure nella produzione di articoli;
- permettere agli operatori che gestiscono i rifiuti l'identificazione degli articoli contenenti sostanze preoccupanti per non reimmetterle nei prodotti riciclati;

¹ Ai sensi dell'articolo 3, paragrafo 3, del Regolamento REACH, un articolo è un oggetto a cui sono dati durante la produzione una forma, una superficie o un disegno particolari che ne determinano la funzione in misura maggiore della sua composizione chimica

² Un prodotto è un oggetto costituito da più di un articolo

³ Elenco delle sostanze estremamente preoccupanti candidate all'autorizzazione - <https://echa.europa.eu/it/candidate-list-table>

⁴ Articoli 7 e 33

⁵ Fabbrikanti, importatori e distributori

⁶ <https://echa.europa.eu/it/scip-prototype>

- individuare soluzioni innovative nella gestione dei rifiuti per favorire le attività di recupero;
- consentire alle autorità nazionali di monitorare l'uso di sostanze preoccupanti negli articoli e avviare azioni adeguate durante l'intero ciclo di vita degli stessi.

3. Conclusioni

Dall'analisi svolta risulta evidente l'importanza di perseguire il giusto bilanciamento tra economia circolare e legislazione in materia di sostanze chimiche, al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di tutela della salute umana e dell'ambiente senza però disincentivare le attività di recupero.

Il rafforzamento del Regolamento REACH insieme all'implementazione della banca dati SCIP, permetteranno un significativo miglioramento della qualità dei materiali da recuperare, contribuendo appieno alla transizione verso un'economia circolare. Inoltre la maggiore trasparenza sulla presenza di sostanze pericolose aiuterà i consumatori a compiere scelte più consapevoli negli acquisti dei prodotti, offrirà loro indicazioni su come utilizzarli e smaltirli correttamente e promuoverà il loro diritto di chiedere informazioni.

D'altro canto, la banca dati presenta ancora alcune criticità. Lascia irrisolta la questione delle *legacy substances*, in quanto la banca dati si applicherà solo ai nuovi articoli escludendo quelli già presenti sul mercato, soprattutto quelli con un lungo ciclo di vita. Sussiste inoltre il rischio che le informazioni sulle SVHC trasmesse dai fornitori possano essere già obsolete nel momento in cui gli articoli giungeranno agli operatori che gestiscono i rifiuti.

Nonostante tali criticità, la banca dati costituirà lo strumento più idoneo a risolvere il gap informativo sulle sostanze pericolose presenti nei materiali da recuperare e, attraverso un costante coordinamento fra istituzioni coinvolte e un coinvolgimento di tutte le parti interessate (in particolare dei recuperatori), si potrà ottenere un'efficace implementazione della banca dati.

Bibliografia

[1] Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive della Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE

[2] COM(2015) 614 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni – L'anello mancante – Piano di azione dell'Unione europea per l'economia circolare

[3] Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti

[4] COM(2018) 32 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni sull'attuazione del pacchetto sull'economia circolare: possibili soluzioni all'interazione tra la normativa in materia di sostanze chimiche, prodotti e rifiuti

[5] COM(2020) 98 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, Al Consiglio, Al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni- Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare - Per un'Europa più pulita e più competitiva

[6] ECHA, Detailed information requirements for the SCIP database, settembre 2019, https://echa.europa.eu/documents/10162/28213971/scip_information_requirements_en.pdf/9715c4b1-d5fb-b2de-bfb0-c216ee6a785d

Token “Eco Mutualisti” su Blockchain Quando la riduzione dei rifiuti conviene

*Gaetano Giuseppe Domenico Russo, g.russo@protezionecivilesicilia.it
Regione Siciliana, Dipartimento della Protezione Civile - Catania*

Summary

This article aims to endorse a new governance tool to accelerate the transition to circular economy. The topic of the study is to outline a digital currency based on a blockchain's platform to boost sustainable behaviors among people and enterprises. The purpose is to earn digital token generating positive environmental impacts. The token are called Symbiotic (or ecomutualist) because are calculated by the reduction of the personal ecological footprint.

This study is made from a a good practice created by a partnership called Cuore Generoso, a project to reduce food waste in Catania, at MAAS – Mercati agroalimentari in Catania. This survey aims to involve as a favourite target the community created in Italy throughout the European Week Waste Reduction' campaign, where the partnership Cuore Generoso was designed and born last november 2019.

Riassunto

I “Token Ecomutualisti” sono una moneta digitale, su piattaforma blockchain, calcolata sull'impronta ecologica di ciascun portatore. Rappresentano un nuovo strumento in grado di incentivare comportamenti sostenibili da parte dei cittadini e da parte di enti pubblici e privati, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'agenda 2030 dell'ONU.

La ricerca applicata di cui tratta questo articolo si basa su un'azione di riduzione dei rifiuti nata durante la scorsa edizione della SERR denominata “Cuore Generoso – contro lo spreco alimentare”. L'ipotesi del modello pilota proposto in questa sede sfrutta l'idea di riduzione dell'impronta ecologica degli operatori mercatali del MAAS Mercato Agroalimentare Siciliano che sono inseriti in un protocollo di lavoro per la riduzione dei rifiuti. Sulla base di questo caso sperimentale, il progetto token ecomutualisti, si potrebbe estendere a tutti i partecipanti della campagna SERR 2019 pubblici e privati, rendendo le pratiche di riduzione dei rifiuti in particolare, e di economia circolare in generale, più appetibili e convenienti.

1. Introduzione

Finora il sostegno pubblico all'economia circolare è stato orientato verso il riciclo, mentre i progetti di riduzione, riutilizzo, recupero dei prodotti, di prevenzione del rifiuto e più in generale di riprogettazione degli stili di vita e di consumo sono sottorappresentati. È necessario compiere uno sforzo d'innovazione affinché la strategia enunciata dal principio comunitario delle 4 R (riduzione, riutilizzo, riciclo, recupero) trovi opportuno compimento.

In questo articolo si vuole affrontare il problema dell'iperproduzione di rifiuti e dell'accelerazione verso l'economia circolare, individuando un nuovo strumento di governance e di funzionamento dell'economia circolare stessa, che riesca a fare leva sulla riduzione dei rifiuti e alla riduzione dell'impronta ecologica dei partecipanti al sistema.

La moneta è infatti indispensabile per il funzionamento di un sistema economico. Prima me-

tallica, poi cartacea, adesso elettronica, è lo strumento di pagamento comunemente usato per comprare ciò di cui gli individui, le organizzazioni e le società hanno bisogno. La sua evoluzione è legata allo stadio di sviluppo di una civiltà.

Oggi, che siamo agli albori di una nuova era tecnologica e di un nuovo paradigma socio economico è opportuno esplorare la possibilità di individuare nuovi strumenti di remunerazione non legati all'accumulazione di risorse, bensì connessi alla produzione di performance benefiche per l'ambiente. Questa prospettiva si chiama Ecomutualismo e rappresenta un'inedita teoria socio politica a cui accenneremo in seguito.

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'agenda 2030 stabiliscono 17 campi d'azione, che nella visione degli estensori, rappresentano un tutt'uno: nessun obiettivo deve essere conseguito a scapito di un altro, rendendo così essenziale un approccio integrato alla loro attuazione. Partendo da quest'assunto risulta necessario trovare logiche remunerative che esulano dalle logiche del profitto economico capitalistico in modo tale da favorire attività legate allo sviluppo sostenibile che non debbano essere necessariamente economiche in senso tradizionale ma che possano essere intraprese, mantenute e consolidate tramite logiche tipiche del rapporto mutualistico, ovvero di aiuto reciproco. Un volontario, per intenderci, che partecipa ad un'azione di piantumazione di alberi tramite un'associazione ambientalista o che si impegna in azioni di pulizia straordinaria del suo territorio, potrebbe essere ricompensato proprio tramite una moneta virtuale (token) in maniera proporzionale al suo impegno. In questo modo il conferimento di valore ad un'attività benefica per l'ambiente, svolta da un determinato soggetto, può ottenere un parametro di riferimento per confrontare in maniera omogenea il valore di prodotti e servizi anche molto diversi tra loro. Questa è una funzione tipica della moneta che consente, quindi, di agevolare le decisioni economiche e l'accordo tra le parti in quanto esprime univocamente il valore delle cose. Come vedremo il parametro di riferimento per assegnare (guadagnare o perdere) i propri token è l'impronta ecologica.

Infine, il nuovo Piano d'Azione per l'Economia Circolare, contenuto nel Green New Deal europeo, auspica l'emergere di nuove iniziative da implementare lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti per modernizzare e trasformare la nostra economia proteggendo l'ambiente. Secondo un recente sondaggio Eurobarometro, la crescente quantità di rifiuti è tra le tre principali preoccupazioni ambientali per i cittadini. Gli intervistati ritengono che i modi più efficaci per affrontare i problemi ambientali siano cambiare il modo in cui consumiamo e il modo in cui produciamo. Il Piano d'azione per l'economia circolare presenta nuove iniziative lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti al fine di modernizzare e trasformare la nostra economia. Oltre all'ambizione di incentivare l'immissione nel mercato di prodotti sostenibili che durano nel tempo, il Piano prevede di consentire ai nostri cittadini di partecipare pienamente all'economia circolare e beneficiare del cambiamento positivo che essa determina.

L'utilizzo di un token digitale, per accelerare la diffusione e la partecipazione a questa transizione, appare dunque, strategicamente coerente anche con i dettami del Green Deal europeo.

2. Relazione

2.1 - Cosa sono i token su blockchain

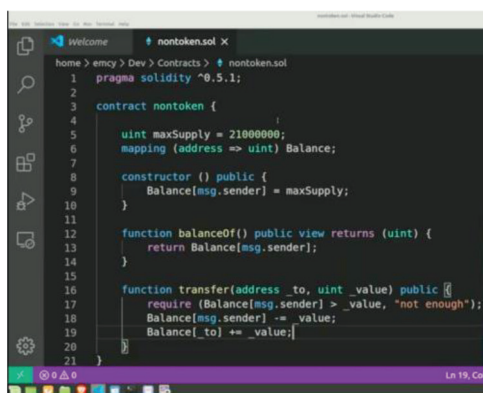
Le monete digitali su base blockchain sono asset digitali che possono essere scambiati tra operatori eterogenei con molteplici finalità, essi rappresentano la nuova frontiera degli strumenti finanziari.

Con il termine token si intende una "valuta digitale" che si riferisce ad attività finanziarie che esistono elettronicamente senza forma fisica e che sono accessibili tramite computer o dispositivi digitali. Queste valute includono le criptovalute come Bitcoin, Ether e XRP ma

con la tecnologia blockchain è possibile che altri enti (quali istituti di pagamento o istituti di moneta elettronica) possano crearne altre. È questo il caso del primo token su blockchain creato nella Repubblica di San Marino di cui ci occuperemo in questa sede quale precedente storico nell'universo in oggetto.

La valuta digitale si differenzia dal termine “pagamento digitale” che invece include:

- Online banking
- Pagamento mobile o portafoglio elettronico (in genere si intendono tramite smartphone, inclusi WeChat Pay, Alipay, Google Pay, Apple Pay, ecc.)
- Servizi di trasferimento di denaro online (PayPal, Venmo, TransferWise, ecc.)



```
1 pragma solidity ^0.5.1;
2
3 contract nontoken {
4
5     uint maxSupply = 21000000;
6     mapping (address => uint) Balance;
7
8     constructor () public {
9         Balance[msg.sender] = maxSupply;
10    }
11
12    function balanceOf() public view returns (uint) {
13        return Balance[msg.sender];
14    }
15
16    function transfer(address to, uint value) public {
17        require (Balance[msg.sender] > _value, "not enough");
18        Balance[msg.sender] -= _value;
19        Balance[to] += _value;
20    }
21 }
```

Fig. 1 – Esempio di programmazione di token e relativo portafoglio, utilizzando il software solidity

La blockchain è un tecnologia che fornisce un registro immutabile di scritture (dette anche catene di blocchi) contenenti transazioni la cui validazione è affidata ad un meccanismo di consenso distribuito su tutti i nodi della rete del sistema partecipante. È un concetto che unisce economia e tecnologie digitali in un modo tale da consentire transazioni di valore. La blockchain consente non solo nuovi mezzi con cui fornire servizi finanziari e supportare le criptovalute, ma può anche rimodellare e ridefinire le politiche di governo, i servizi legali, la contabilità, la distribuzione di energia ed innumerevoli altri settori.

La blockchain è diventata la declinazione in digitale di un nuovo concetto di fiducia al punto che alcuni ritengono che essa possa assumere anche un valore per certi aspetti di tipo “sociale e politico” – e questo è il campo in cui si muove la nostra indagine. In questo caso la blockchain è da vedere come una piattaforma che consente lo sviluppo e la concretizzazione di una nuova forma di rapporto sociale, che grazie alla partecipazione di tutti è in grado di garantire a tutti la possibilità di verificare, di “controllare”, di disporre di una totale trasparenza sugli atti e sulle decisioni, che vengono registrati in archivi che hanno caratteristica di essere inalterabili, imm modificabili e dunque immuni da corruzione.

2.2 Cosa è l'ecomutualismo

Il mutualismo in biologia indica quella condizione di convivenza simbiotica tra due o più organismi che vivono procurandosi vantaggi reciproci. È opposto al parassitismo che indica quella condizione di convivenza dove un organismo prevale sull'altro e ne condiziona la vita procurandone in alcuni casi la morte. La condizione del parassitismo è tipica del rapporto odierno uomo - natura in quanto l'uomo divora le risorse naturali e non restituisce alcun vantaggio alla natura.

Nelle scienze umane il termine mutualismo è stato introdotto dal filosofo francese P. J. Prou-

dhon (1809 1865) il quale lo ha teorizzato come un rapporto di assistenza reciproca tra uomini. In questa nuova accezione invece il concetto è utilizzato per sviluppare una relazione di simbiosi a reciproco vantaggio Uomo – Natura, per cui Eco - Mutualismo.

Il pianeta Terra in questa inedita prospettiva, proposta dall'autore, è contemplato secondo l'accezione di James Lovelock il quale, nel suo grande classico "Gaia, il Pianeta Vivente", lo considera appunto come organismo vivente. Muovendoci da questa prospettiva ne deriva che il legame di simbiosi tra le due specie diverse quali uomo e pianeta, deve evolversi in un rapporto di reciproco vantaggio, di simbiosi mutualista appunto, e non più parassitico come lo è attualmente.

La moneta digitale oggetto del presente lavoro pertanto è una divisa che nasce e persegue lo scopo chiaro e ultimo di essere una moneta in grado di capitalizzare azioni benefiche per il pianeta, in piena chiave di simbiosi mutualista, atta quindi ad accelerare la transizione verso un'economia circolare e un futuro di sostenibilità.

2.3 Cosa sono i token ecomutualisti (o token simbiotici)

I token ecomutualisti (o token simbiotici) sono un asset digitale su piattaforma blockchain calcolato sulla base dell'impronta ecologica di ogni cittadino partecipante.

L'impronta ecologica è un indicatore complesso utilizzato per valutare il consumo umano di risorse naturali rispetto alla capacità della Terra di rigenerarle (Living Planet Report – www.footprintnetwork.org).

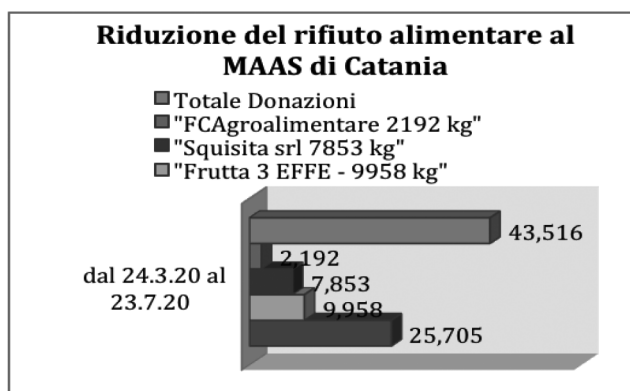
In questo modo un cittadino interessato a partecipare al sistema, iscrivendosi alla piattaforma digitale, riceverebbe un portafoglio virtuale con del "credito verde", in misura inversamente proporzionale alla sua impronta ecologica. Tale credito potrà aumentare, o diminuire, sulla base dell'impegno civico e ambientale che questa persona (fisica o giuridica) è in grado di generare, e pubblicare su un portale apposito. A fronte di questo impegno di simbiosi, o più precisamente di eco-mutualità, quel cittadino riceverebbe un credito da spendere sul portale per l'approvvigionamento gratuito di beni e servizi di prima necessità tra cui alimenti (provenienti dalla lotta allo spreco alimentare) vestiti, energia, servizi di trasporto.

2.4 Il protocollo "Cuore Generoso"

Il protocollo denominato "Cuore Generoso - contro lo spreco alimentare" stabilisce un accordo di collaborazione tra operatori mercatali del MAAS (Mercato Agroalimentare Siciliano) di Catania, denominati donatori, e i donatari ovvero gli enti del terzo settore che si occupano di ricevere tali prodotti e distribuirli a fasce di popolazioni indigenti.

La portata innovatrice del protocollo risiede nell'obbligo dei partecipanti di calcolare la riduzione del rifiuto effettuata, tenendo traccia e misurando i rifiuti evitati. In secondo luogo, oltre le donazioni per scopi umanitari o solidaristici, nel solco della piena applicazione della legge Gadda, il protocollo consente agli operatori mercatali di ricevere un beneficio fiscale in base alla merce donata, così come previsto dalla normativa in questione.

Il protocollo "Cuore Generoso", siglato in occasione della Settimana Europea per la Riduzione dei Rifiuti in data 23.11.2019, coinvolge 14 Enti del terzo settore in qualità di donatari. Tra questi vi è il Banco Alimentare Onlus che è diventato il partner principale addetto alla raccolta delle donazioni del MAAS. Dal 23 marzo 2020 al 24 luglio 2020, i prelievi di merce invenduta o in eccedenza donata dagli operatori mercatali sono avvenuti due volte a settimana. Nella tabella seguente sono riportati i nominativi dei principali donatori e le quantità totali di alimenti in eccedenza che sono stati salvati dallo smaltimento e destinati agli enti solidaristici partecipanti.



Tab. 1 – Prodotti freschi in eccedenza donati al Banco Alimentare provenienti dal circuito Cuore Generoso

In una simulazione, che non è oggetto di questo studio, al fine di delineare un modello teorico sperimentale dei token ecomutualisti calcolati sulla base della riduzione dell'impronta ecologica di un determinato utente, potremo utilizzare i tre operatori mercatali del MAAS, di sopra elencati come esempi, applicando il calcolo dell'impronta ecologica.

Formula dell'impronta ecologica:

$$f = \sum_{i=1}^n e_i \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i q_i}{N}$$

Dove E_i è l'impronta ecologica derivante dal consumo C_i del prodotto i -esimo e q_i , espresso in ettari/chilogrammo, è il reciproco della produttività media per il prodotto i -esimo. L'impronta ecologica pro capite f viene calcolata dividendo per la popolazione N residente nella regione considerata.

Per ottenere l'impronta ecologica di uno degli operatori mercatali suddetti, il coefficiente C_i deve essere purificato dalla riduzione (r) effettuata di prodotto alimentare non inviato a smaltimento.

Pertanto i token saranno calcolati in misura inversamente proporzionale all'impronta ecologica di ciascun operatore tenendo conto della riduzione del rifiuto effettuata.

La nuova formula verosimilmente sarebbe:

$$f = \sum_{i=1}^n e_i \quad \sum_{i=1}^n \frac{C(i-r) q_i}{N}$$

2.3 La SERR

La Settimana Europea per la Riduzione dei Rifiuti è un progetto europeo nato in seno al programma LIFE + della Commissione europea. Promuove l'attuazione di azioni di sensibilizzazione sulla gestione sostenibile delle risorse e dei rifiuti. La SERR si tiene ogni anno dal 2009 durante l'ultima settimana di novembre. Volontari provenienti da tutta Europa e oltre, organizzano migliaia di azioni sui principi delle 3R: ridurre, riusare e riciclare; nonché realizzare attività di pulizia.

Le azioni che si svolgono durante la "Settimana" sono ispirate a quattro tematiche principali:

1. Prevenzione e riduzione
2. Riuso e preparazione per il riuso
3. Raccolta differenziata, selezione e riciclo (estensione istituita a partire dal 2013)
4. Azioni di pulizia straordinaria - Clean-Up Day

Le categorie che organizzano eventi sulla riduzione dei rifiuti sono: Amministrazioni pubbliche, scuole, imprese, associazioni e singoli cittadini.

Per comprendere la capacità di distribuzione e di coinvolgimento che questa campagna ha saputo capitalizzare nel tempo, di seguito, riportiamo le tabelle che ricapitolano alcuni numeri della SERR edizione 2019

| Categoria del proponente | Azioni proposte dalle categorie | % azioni della categoria sul totale di azioni |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| Imprese | 4679 | 80.5 |
| Associazioni / ONG | 191 | 3.3 |
| Istituti Scolastici | 490 | 8.4 |
| Amministrazioni Pubbliche | 303 | 5.2 |
| Cittadini | 151 | 2.6 |
| TOTALE | 5814 | 100 |



Tab 2 – (2019) Numero di azioni registrate per categoria

Tab 3 – (2019) Percentuale di azioni registrate categoria

| Regione | Numero di azioni per regione senza Intesa Sanpaolo |
|-----------------------|--|
| Valle d'Aosta | 1 |
| Piemonte | 377 |
| Liguria | 15 |
| Lombardia | 109 |
| Veneto | 63 |
| Trentino Alto-Adige | 36 |
| Friuli Venezia Giulia | 27 |
| Emilia Romagna | 119 |
| Marche | 13 |
| Umbria | 5 |

| | |
|------------|------|
| Toscana | 95 |
| Abruzzo | 45 |
| Lazio | 80 |
| Campania | 35 |
| Basilicata | 4 |
| Puglia | 41 |
| Calabria | 16 |
| Molise | 3. |
| Sicilia | 493 |
| Sardegna | 35 |
| TOTALE | 1582 |

Tab 4. – (2019) Numero di azioni per regione – evidenziati in giallo i dati più significativi:

Dai numeri pubblicati è possibile comprendere quante persone, associazioni, enti, imprese ogni anno partecipino alla Settimana europea di riduzione dei rifiuti impegnandosi nell'ideare e organizzare azioni di riduzione ma anche di riciclo, riuso o semplicemente giornate di pulizia straordinaria.

Un impegno profuso da oltre 11 anni da migliaia di persone che credono nei temi connessi alla riduzione dei rifiuti senza ricevere nulla in cambio. Le azioni della SERR, infatti, sono organizzate su base volontaria e non è previsto neppure un rimborso spese per i costi sostenuti. Ciò manifesta la nobiltà dell'iniziativa e di coloro i quali aderiscono spontaneamente ogni anno alla campagna in questione.

Tutta questa mole di "action developer", così sono chiamati gli organizzatori di eventi in seno alla SERR, almeno durante la settimana europea sperimenta delle azioni benefiche per il pianeta, di riduzione dei rifiuti in primis, ovvero azioni che, se fossero calcolate

adeguatamente tramite la formula dell'impronta ecologica, ne comporterebbero una sua ritrazione.

Seguendo dunque questo ragionamento, ecco che la campagna SERR rappresenta l'alveo ideale per sperimentare i token ecomutualisti basati sull'impronta ecologica e pertanto i suoi partecipanti risultano essere un target primario da coinvolgere in una eventuale e possibile sperimentazione.

3. Conclusioni

Quali sono dunque i vantaggi ambientali e i vantaggi economici dello strumento proposto?

Alla domanda è possibile rispondere sia lato cittadino, utente singolo, sia lato ambiente.

Per quanto riguarda quest'ultimo punto di vista, i vantaggi ambientali si possono configurare certamente con le tematiche connesse alla riduzione dell'inquinamento e all'accelerazione di stili di vita e di consumo più sostenibili.

Coerentemente con l'obiettivo 12 dell'agenda 2030 delle Nazioni Unite "garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo" con l'introduzione di token simbiotici – ecomutualisti – calcolati tramite la riduzione dell'impronta ecologica di ciascun utente, partecipante al sistema, si produrrebbe a tutti i livelli, locale, nazionale e internazionale, un aumento di attività connesse alla riduzione dei rifiuti e degli sprechi, alla riduzione dell'uso di risorse naturali e materie prime e, contemporaneamente l'aumento di pratiche connesse al riciclo e al riutilizzo di prodotti che rallenterebbero dunque la loro obsolescenza.

Dal punto di vista dei vantaggi economici dell'utente, il cittadino che - fare esempio - si sposta in bicicletta, compra alimenti a km0, acquista abiti e prodotti recuperati nelle boutique solidali, fa il compostaggio domestico, attinge l'acqua alla fontana pubblica o magari ha un depuratore a casa, produce la sua energia tramite i pannelli fotovoltaici della sua abitazione, s'impegna in azioni di volontariato a favore dell'ambiente; può essere considerato un cittadino "mutualista" perché compie azioni benefiche per il pianeta riducendo la sua impronta ecologica. In tal senso egli guadagnerebbe dei token in misura inversamente proporzionale alla sua impronta ecologica, che potrebbe spendere acquistando beni e servizi offerti dal circuito di enti pubblici e privati coinvolti nella piattaforma.

La SERR e la sua comunità, risulterebbe quindi strategica per la diffusione degli strumenti di governance oggetto del presente studio. Gli enti pubblici che ogni anno vi aderiscono, amministrazioni comunali in primis, potrebbero offrire per i partecipanti alla campagna i seguenti servizi, da acquistare tramite i token simbiotici in questione:

- parcheggio su strisce a pagamento
- accesso a mobilità e trasporto pubblico
- accesso a musei, parchi etc
- decurtazione tasse e imposte locali, etc.

Tale rapida elencazione di vantaggi economici e ambientali tuttavia non vuole essere del tutto esaustiva, ma solo esemplificativa, perché sarebbe opportuno approfondire in sede di sperimentazione pratica, e non solo teorica, tutte le varie caratteristiche dei token ecomutualisti sin qui descritti. Pertanto si rimanda ad un ulteriore approfondimento nel quale oltre a valutare i vantaggi economici e ambientali, sarà opportuno verificare anche altri aspetti connessi all'introduzione di tali token, al loro funzionamento, e alle ulteriori implicazioni che si possono verificare sia dal punto di vista sociale che economico. Effetti che potrebbero aprire nuovi scenari connessi anche a una nuove forme economiche e di mercato, relativi a beni e servizi ideati, specificatamente, per realizzare performance benefiche per l'ambiente.

Bibliografia

- ¹ **BI**, I quaderni della Banca d'Italia, (2018) - Divisione Editoria Banca d'Italia, Roma, ISSN 2281 – 4000
- ² **UN**, Agenda 2030, On Line at: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg1>
- ³ **EU**, (2020) GreenDeal Circular Economy - ISBN 978-92-76-17035-8
- ⁴ **J. Wincuin, K. Andreasson**, (2020) “Digimentality—Fear and favouring of digital currency” - The Economist Intelligence Unit, On line at: <https://digitalcurrency.economist.com/wp-content/uploads/2020/04/EIU-Crypto-Digimentality.pdf>
- ⁵ **M. Crotta** (2020) On line: www.blockchaincaffe.it
- ⁶ **WEForum**, (2020) Blockchain: Global Issue, Imperial College London, Online: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb00000038qmPEAQ?tab=publications>
- ⁷ **M. Bellini**, (2020), Online: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-così-importante/>
- ⁸ **G. G. Russo**, (2020) “Per un capitalismo eco mutualista”, Rivista dell’Associazione Internazionale Comunicazione Ambientale, online: <https://www.envi.info/blog/2020/05/05/per-un-capitalismo-mutualista-come-mettere-il-turbo-alla-rivoluzione-green-ripartendo-dal-coronavirus/>
- ⁹ **J. Lovelock**, (1979) Gaia: a new look at life on Earth, Oxford University Press
- ¹⁰ **G. G. Russo**, (2020) “Una nuova filodofia si fa strada aper innovare il capitalism”, On Lie at : <https://mobilita.org/2020/05/11/una-nuova-filosofia-si-fa-strada-per-innovare-il-sistema-capitalistico-eco-mutualismo/>
- ¹¹ **Cocina, Cantarella, Raciti, Russo, Scuderi, Zappia**, (2019), Protocollo di Intesa per la riduzione dei rifiuti all’interno del MAAS – Mercato Agroalimentare Siciliano, Catania, Italy
- ¹² **Gadda**, L.n.166/2016, (2016), *Disposizioni concernenti la donazione e la distribuzione di prodotti alimentari e farmaceutici a fini di solidarietà sociale e per la limitazione degli sprechi*, pubblicata in G.U. n.202 del 30 agosto 2016.
- ¹³ **AICA** (2020), Reprot attività e comunicazione, Settimana Europea per la Riduzione dei Rifiuti (SERR) 2019, envi.info, Alba (CN).

Un “Sustainable business model framework” per il settore dell’olio di oliva

Francesco Ventura, f.ventura@commercialistisalerno.it, Tiziana Procida, Angelo Petolicchio, Valerio Bacco, Azienda Agricola Angelo Petolicchio, Giffoni Valle Piana, Daniela Barba, Università degli Studi di Salerno, Salerno, Elisa Novelli, Oleificio Zucchi S.p.A, Cremona, Massimo Astone, Finagricola Società Cooperativa A.R.L., Battipaglia, Gerardo Tedesco, Peteca SAS di Tedesco Gerardo & C, Giffoni Valle Piana

Riassunto

La costruzione di un modello di business sostenibile è oggi al centro di numerosi studi volti ad implementare sistemi economici più efficienti rispetto a quelli odierni. Focalizzando l'attenzione sulla filiera dell'olio di oliva, obiettivo dichiarato degli stakeholders è quello di incrementare i propri margini di redditività attraverso l'introduzione di produzioni “sostenibili”, in aggiunta alle qualità di olio “convenzionali” oggi offerti. Per questo motivo è stato realizzato un modello di business innovativo, avente lo scopo di dimostrare come l'introduzione dell'olio “sostenibile”, realizzato in conformità con il Disciplinare Tecnico di Prodotto 125 di CSQA permette a tutti i soggetti appartenenti alla filiera di ottenere migliori performance reddituali grazie al riconoscimento, da parte della clientela, di un premium price non ottenibile con la sola produzione convenzionale.

Summary

The construction of a sustainable business model is today the focus of numerous studies aimed at implementing more efficient economic systems than those of today. By focusing on the olive oil supply chain, the stakeholders' declared objective is to increase their profit margins through the introduction of “sustainable” productions, in addition to the “conventional” oil quality offered today. For this reason, an innovative business model has been created, with the aim of demonstrating how the introduction of “sustainable” oil, made in compliance with CSQA's Technical Product Specification 125, allows all subjects belonging to the supply chain to obtain better income performance thanks to the recognition, by customers, of a premium price that cannot be obtained with conventional production alone.

1. Introduzione

I modelli di business costituiscono uno degli strumenti più efficienti per la condivisione e per lo sfruttamento economico delle innovazioni [1] [2] [3]. Attraverso tali sistemi, infatti, è possibile realizzare una struttura capace di creare e catturare un vantaggio competitivo da una idea che, a prima vista, non garantirebbe alcun “valore oggettivo fin tanto che questa non venga veicolata commercialmente attraverso un modello di business” [2] [4]. In quanto strumenti fondamentali per creare il processo innovativo aziendale, i modelli di business sono stati sempre più oggetto di studio da parte della dottrina economico-aziendale. Tenendo conto della dinamicità ambientale in cui l'azienda opera, è possibile affermare come anche un mo-

dello di business consolidato ed attualmente di successo non possa essere considerato come uno strumento scevro di variazioni [2] [5]. Pertanto la capacità di “reinventare il proprio modello di business in funzione di come varia il contesto operativo aziendale” diviene oggi uno dei fattori “cruciali” per l’acquisizione di un vantaggio competitivo durevole in contesti turbolenti [6].

Date queste premesse, è possibile comprendere come mai, nel corso degli ultimi anni, una sempre maggiore attenzione è stata prestata dalla letteratura accademica in materia di innovation business models. Non esiste oggi in letteratura una definizione univoca di innovation business model; la motivazione di questa posizione è sottesa al fatto che la caratteristica trasversale connessa alla redazione di tali modelli (tecnici, economici, sociali, ecc.) rende particolarmente difficile la definizione dei modelli di business innovation [7] [8]. Per questo motivo, si rende necessaria la redazione di studi sistematici e su larga scala che, attraverso una attività di review della letteratura, permettano di ottenere una migliore e il più possibile completa, comprensione del fenomeno esaminato [9]. Tuttavia obiettivo del lavoro non è quello, o almeno non l’unico, di classificare i modelli di business trovati in letteratura; focus del lavoro è quello di individuare un modello di business realizzabile in seno alle PMI facenti parte della filiera dell’olio di oliva capace di generare un vantaggio competitivo durevole attraverso l’implementazione del c.d. inbound open innovation model [2] [10].

2 Relazione

2.1 Il settore dell’olio di oliva, struttura e prospettive

Il settore dell’olio di oliva costituisce una delle filiere più importanti nel panorama economico italiano. Osservando dall’alto la filiera dell’olio di oliva [11], è possibile individuare quali siano i principali attori caratterizzanti il processo produttivo dell’olio [12]. All’apice della filiera ci sono i produttori agricoli strutturati per lo più in forma di ditte individuali, che hanno dedicato nel 2019 alla coltivazione dell’olivo ben 1.180.912 ha di terreno. La tipologia di forma giuridica adottata, associata ad una scarsa meccanizzazione ed al ridotto dimensionamento delle imprese, colloca costoro in una posizione di scarsissimo potere contrattuale nei confronti degli altri soggetti attori della filiera. ISMEA [12], in questo senso, stima che “*delle 825 mille aziende olivicole censite, solo il 37% può essere in grado di sostenere la competitività del mercato*”. Le aziende agricole conferiscono il loro prodotto ai frantoi, industrie di prima trasformazione, avvalendosi di uno dei seguenti canali distributivi [13]: conferimento del prodotto ad una struttura cooperativa della quale l’azienda agricola è socia; vendita diretta delle olive a frantoi non strutturati in forma cooperativa; consegna delle olive al frantoio in conto lavorazione, ed infine conferendo le olive al frantoio per la molitura. La scelta della tipologia di conferimento impatta sull’individuazione della titolarità dell’olio dell’oliva; infatti, mentre nel caso del conferimento in conto lavorazione, la titolarità dell’olio rimane in capo all’azienda agricola, la quale curerà le successive attività di rivendita, la cessione delle olive al frantoio per la molitura comporta il trasferimento della titolarità del prodotto ottenuto in capo al frantoio. Analizzando le aziende di prima trasformazione, costituenti il secondo anello della filiera dell’olio d’oliva, si evince come la frammentazione che caratterizza il sistema produttivo olivicolo italiano trovi conferma anche nel numero di frantoi operativi sul territorio nazionale. ISMEA [12], per sottolineare la forbice esistente tra Italia ed altri paesi UE, ha stimato che mentre in Spagna il numero di frantoi è di circa 1.700 unità, in Italia, sono presenti circa 4.500 frantoi in attività, collocati per lo più in Puglia, Calabria e Sicilia. La capacità media si assesta intorno alle 500 tonnellate di olive molite in un anno; tutto questo si traduce ovviamente in elevati costi di gestione che incidono fortemente sulla marginalità complessiva del comparto industriale. A valle dei frantoi si collocano le c.d. industrie di seconda trasformazione, clas-

sificate come quelle realtà che si occupano del confezionamento del prodotto molito e della successiva rivendita dello stesso a proprio marchio ovvero a marchio del cliente. Si tratta per lo più di aziende medio grandi operanti non solo nel mercato dell'olio di oliva ma anche nella commercializzazione di altre famiglie di oli, come ad esempio l'olio di semi, e che si occupano, in particolare, oltre che della selezione e dell'analisi della materia prima, anche della formazione del blend e della distribuzione dell'olio ai diversi canali distributivi (es. Ho.Re.Ca.).

2.2 La produzione dell'olio sostenibile come strumento di sviluppo del comparto

Focalizzando l'attenzione sulle aziende agricole e sui frantoi, anelli principali dell'intera catena produttiva dell'olio d'oliva, è possibile affermare come, in assenza di una reale azione di integrazione tra i diversi soggetti appartenenti alla filiera, sia estremamente difficile realizzare strategie ed azioni competitive che impattino positivamente sui risultati aziendali. Tali difficoltà sono ulteriormente acuite dalla forte concorrenza che deriva non solo da altri Paesi della UE, Spagna in primis, ma anche dai Paesi dell'area Magrebina, come la Tunisia, che si stanno affermando sempre di più come produttori di olio avente un buon rapporto qualità/prezzo [11]. Per questo motivo è necessario stimolare il processo di trasformazione delle cultivar autoctone verso produzioni che non solo valorizzino le qualità organolettiche del prodotto trattato ma che permettano di ottenere un prodotto "a basso impatto ambientale, in assenza di sfruttamento della manodopera coinvolta". Questo approccio a "due vie" sarà in grado di garantire agli operatori di filiera un vantaggio competitivo notevole, capace di spuntare, sui mercati di riferimento, margini più importanti rispetto a quelli normalmente ottenuti dalla vendita di olio di oliva extravergine.

Particolarmente interessante, in questo senso è il Disciplinare Tecnico di Produzione n. 125 (di seguito DTP 125) sviluppato in collaborazione fra CSQA Certificazioni e Oleificio Zucchi S.p.A. ed emesso nel 2017[14].

Il DTP 125 nasce dalla volontà di Oleificio Zucchi di fare del c.d. approccio alla sostenibilità un valore aggiunto di prodotto attraverso il quale garantire "rispetto, equità e trasparenza" a tutti gli stakeholder con cui l'azienda quotidianamente si interfaccia (consumatori, collettività, operatori agricoli, ecc.). Lo standard si applica all'intera filiera agricola e può essere implementato non solo da aziende in forma singola, ma anche da aziende organizzate in filiera con soggetto capofila (c.d. capofiliera) che si assume la responsabilità circa la rispondenza del prodotto a determinati requisiti verso i propri stakeholders.

Da un punto di vista squisitamente strutturale, il DTP 125 poggia su quattro pilastri; oltre a quello economico, ambientale e sociale, dapprima richiamati, altro pilastro molto importante è quello nutrizionale, secondo il quale il prodotto, per essere conforme e dichiarato sostenibile in armonia al DTP 125, deve rispondere ad una serie di requisiti merceologici, nutrizionali, salutistici ed igienico sanitari da dimostrarsi attraverso evidenze oggettive, dimostrate attraverso analisi di laboratorio i cui valori di riferimento sono determinati al Punto 9 del Disciplinare. Ai pilastri vengono poi associati quattro cross requirements che integrano e completano il percorso di certificazione di prodotto; tra i cross requirements spiccano le attività di food safety, le attività di quality assurance, e le attività di identificazione e rintracciabilità di prodotto. Cuore del "sistema sostenibile made in Zucchi" e condicio *sine qua non* per l'adesione al DTP 125 è il paragrafo 8.4 "Buone Pratiche di Filiera". In particolare, rileva l'istituzione del c.d. prezzo equo", inteso quale costo di acquisto del prodotto, concordato tra le parti, che tenga conto non solo del possibile posizionamento dell'olio sostenibile sul mercato ma anche dei costi che gli operatori hanno dovuto sostenere per garantire gli standard di qualità previsti all'interno del documento". Con l'introduzione del prezzo equo, Oleificio Zucchi ha voluto sviluppare una nuova idea di sostenibilità, capace di garantire vantaggi economici per tutti i soggetti attori della filiera, aziende agricole e frantoi in primis. Il prezzo equo viene ufficial-

mente formalizzato nei contratti di fornitura e le aziende certificate devono dimostrare all'Ente di Certificazione le modalità di riconoscimento di tale premium price secondo la catena del valore definita e concordata.

2.3 La produzione dell'olio sostenibile nell'esperienza operativa: il caso di studio

Il DTP 125, sebbene sia aperto anche ad imprese in forma singola, in realtà mal si concilia all'interno del panorama olivicolo italiano, proprio perché le caratteristiche strutturali del comparto rendono molto difficile l'implementabilità di tale Disciplina in modo che sia realmente profittevole per l'azienda. Per questo motivo è stato scelto un modello di business model basato sul c.d. meccanismo di open innovation che permette, attraverso un continuo flusso di idee, tecnologie e skills all'interno ed all'estero delle aziende partner del progetto, la possibilità, da una parte, di incrementare il processo di sviluppo delle organizzazioni, dall'altro migliorare le attività di commercializzazione dei prodotti offerti [15]. In particolare, l'approccio utilizzato nella costruzione del modello si basa sul c.d. inbound open innovation [2], secondo il quale l'azione di innovazione apportata all'interno dei confini aziendali è avvenuto attraverso una collaborazione instaurata tra le Aziende Agricole, Frantoi ed Oleificio Zucchi S.p.A, inquadrato quale capofiliera del progetto.

Il modello proposto si pone l'obiettivo di misurare, lungo un orizzonte temporale fissato a tre anni, le performance economiche che tanto le aziende agricole quanto il frantoio registrano attraverso l'introduzione del prodotto "sostenibile" all'interno della gamma offerta. La scelta di individuare un solo frantoio per la lavorazione delle olive deriva dal fatto che, per la fornitura prevista per il primo anno, Oleificio Zucchi S.p.A, in qualità di capofila, prevede una attività di auditing di seconda parte per un solo ente di trasformazione primaria, per poi allargarsi ad altri frantoi qualora venga richiesta una maggiore capacità produttiva. Il frantoio, stante le caratteristiche del processo produttivo presente al suo interno e supponendo una resa media del 17% dal processo di trasformazione delle olive in olio, produrrà ogni anno circa quattrocento quintali di prodotto.

Soffermando l'attenzione sulla particolare produzione di olio evo sostenibile, si stima che nel corso del triennio, il frantoio, per incrementare la disponibilità di tale prodotto, incrementerà linearmente la sua produzione "sostenibile", con un abbassamento progressivo delle altre lavorazioni; prudenzialmente si mantiene sostanzialmente stabile la produzione di olio lampante, in quanto bisogna tenere sempre conto della qualità variabile del prodotto in ingresso. La quota di olio sostenibile rispetto alle altre tipologie di olio è sempre stimata al di sotto del 10% del totale, trattandosi di un prodotto di nicchia e giovane da un punto di vista di "release" del DTP (anno 2017). Nel modello si è tenuto altresì conto della presenza della lavorazione c/terzi, calcolata, per il primo anno, in funzione delle evidenze empiriche connesse al territorio, mentre, per gli anni successivi, viene prevista in costante decrescita proprio perché il frantoio dovrà destinare la propria capacità produttiva all'evasione degli ordini di olio sostenibile da parte dell'azienda capofila.

Per verificare la profittabilità connessa alla produzione e commercializzazione dell'olio sostenibile si è preso come riferimento la ripartizione dei costi di produzione proposta da ISMEA [1] per le aziende agricole e per i frantoi, di cui si riporta nelle tabelle di seguito la ripartizione percentuale calcolata sui ricavi di vendita utilizzata per la determinazione di tali costi (Tab. 1) (Tab. 2).

| Costo | % sul ricavo |
|--------------------------------|--------------|
| Consumo Idrico | 0,40% |
| Consumo Energetico | 2,80% |
| Smaltimento Sottoprodotti | 0,60% |
| Materiali di consumo | 7,00% |
| Manodopera Salariata | 6,00% |
| Manodopera Soci | 2,30% |
| Ammortamenti | 9,00% |
| Affitti | 5,00% |
| Altri costi aziendali | 4,50% |
| Costo Estrazione Olio (€/Q.le) | € 8.50 |

Tab. 1 – Ripartizione Costi Frantoio. Nostra Elaborazione da Fonti ISMEA

| Costo | % sul ricavo |
|-----------------------------------|--------------|
| Carburanti | 5,9% |
| Concimazioni | 5,9% |
| Trattamenti fitosanitari | 2,1% |
| Diserbo chimico | 0,4% |
| Altri costi diretti (irrigazione) | 4,0% |
| Conto Terzi (raccolta) | 1,0% |
| Spese di manutenzione | 3,0% |
| Oneri assicurativi | 1,0% |
| Spese assistenza fiscale | 2,0% |
| Certificazioni | 6,0% |
| Altri costi indiretti | 1,0% |
| Manodopera familiari | 17,0% |
| Manodopera dipendente | 30,3% |
| Ammortamenti | 17,00% |

Tab. 2 – Ripartizione Costi Azienda Agricola. Nostrada Fonti ISMEA

Per quanto attiene alla determinazione del prezzo di acquisto delle olive (Tab. 3) e la determinazione del prezzo medio di vendita dell'olio (Tab. 4), queste sono avvenute tenendo conto dei prezzi medi spuntati sulla piazza pugliese, considerata una delle più importanti ed influenti in Italia. In particolare i prezzi medi di acquisto risentono dell'andamento ciclico delle quantità prodotte di olive; si è supposto in particolare che gli anni "n" ed "n+2" siano anni caratterizzati da una scarsa produzione mentre l'anno "n+1" è un anno dove la produzione delle olive ha avuto risultati soddisfacenti.

| Prezzo Medio Vendita Olio (€/Lt) | n | n+1 | n+2 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| OLIO EVO SOSTENIBILE | 4,50 € | 5,00 € | 4,65 € |
| OLIO EVO CONVENZIONALE | 2,95 € | 4,50 € | 3,75 € |
| OLIO VERGINE | 2,50 € | 3,50 € | 2,60 € |
| OLIO LAMPANTE | 1,65 € | 1,75 € | 1,80 € |

Tab. 3 – Determinazione Prezzo Medio Vendita Olio. Nostra Elaborazione da fonte ISMEA

| Costo Medio Acquisto Olive (€/Q.le) | n | n+1 | n+2 |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| OLIO EVO SOSTENIBILE | 62,00 € | 59,00 € | 61,00 € |
| OLIO EVO CONVENZIONALE | 49,00 € | 45,00 € | 48,00 € |
| OLIO VERGINE | 34,00 € | 31,00 € | 36,00 € |
| OLIO LAMPANTE | 22,00 € | 18,00 € | 21,00 € |

Tab. 4 – Determinazione Prezzo Medio Acquisto Olive. Nostra Elaborazione da fonte ISMEA

Analizzando i risultati ottenuti, è stato possibile dimostrare come l'introduzione della filiera sostenibile ha portato effetti positivi in termini di margini economici a favore della filiera. Infatti per quanto attiene l'azienda agricola, l'azione del premium price ottenuta attraverso la corresponsione del prezzo equo permetterà alla stessa di garantirsi un margine operativo in crescita lungo tutto il triennio (vedi Figura 2).

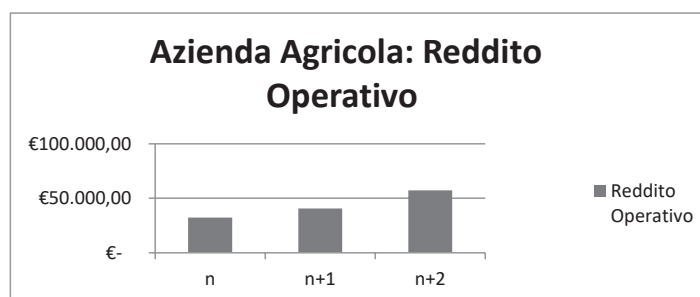


Fig. 1 – Reddito Operativo Azienda Agricola lungo l'orizzonte temporale di riferimento

In particolare è stato verificato come la corresponsione di un prezzo equo, di norma superiore al prezzo mediamente spuntato per le produzioni dedicate agli oli convenzionali, permette di coprire i contraccolpi connessi ai maggiori costi legati alle attività di certificazione ed analisi che vengono richiesti per l'ottenimento del pro-

dotto, permettendo altresì all'imprenditore di verificare nuove opportunità strategiche quali l'acquisizione di nuovi terreni da destinare alla produzione.

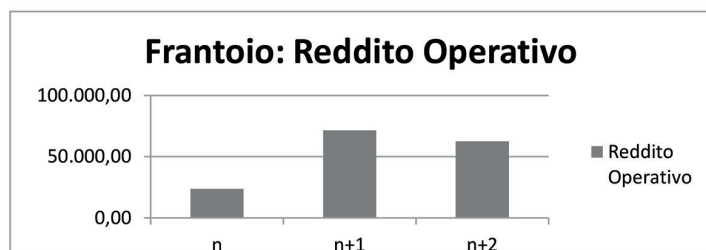


Fig. 2 – Reddito Operativo Frantoio lungo l'orizzonte temporale di riferimento

Relativamente al frantoio, supponendo una capacità produttiva pari a 400 tonnellate annue di olio, viene dimostrato che la progressiva sostituzione delle produzioni convenzionali con quella sostenibile permette di raggiungere risultati molto interessanti da un punto di vista economi-

co-finanziario. In particolare la redditualità ottenuta con l'inserimento in linea della produzione sostenibile, unita ad una buona programmazione produttiva capace di sfruttare l'andamento variabile della disponibilità di materia prima, permette di ottenere risultati economici interessanti ed in crescita costante lungo l'arco del triennio. Nello specifico si è stimato che nell'anno "n+1" di maggiore produzione, il frantoio manterrà stoccato circa il 20% del valore della produzione dell'anno, che poi verrà destinata alla vendita nella successiva annualità. Questa scelta permetterà di ridurre l'impatto economico derivante dalla variabilità tipica del mercato olivicolo, garantendo così una redditualità vantaggiosa per l'imprenditore (vedi Figura 3).

3. Conclusioni e successivi spunti di riflessione futuri

L'introduzione di una produzione sostenibile all'interno di un ciclo produttivo convenzionale ha dimostrato nel caso di studio tutta la sua capacità di generare, all'interno della filiera produttiva dell'olio di oliva, risultati economici di sicuro interesse per gli operatori economici coinvolti. In particolare si è dimostrato come un modello basato sui principi dell'inbound open innovation permetta a quelle realtà dotate di scarso potere contrattuale e di scarsa capacità tecnica economica di poter implementare sistemi produttivi più avanzati e radicati, con l'aiuto e supporto di strutture industriali più ampie ed organizzate. L'introduzione del DTP 125 all'interno del contesto economico locale ha dimostrato come, attraverso l'integrazione di più soggetti economici appartenenti ai diversi anelli della filiera, abbia contribuito a limare le diseconomie peculiari delle loro attività, attraverso la creazione di partnership con altri enti che, sebbene a prima vista possono essere letti come meri concorrenti nel proprio core business si trasformano, a ben vedere, come dei validi alleati a supporto di una strategia di prodotto innovativo. Il DTP 125 richiede ovviamente un percorso di sviluppo ed un monitoraggio continuo e che non si può fermare al caso di studio. È infatti obiettivo della filiera dimostrare, con i dati che deriveranno dalla campagna 2020/2021 che le proiezioni economiche discusse all'interno dell'elaborato siano realmente confermate o se l'implementazione di un "Disciplinare Sostenibile" richieda l'introduzione di nuove variabili, ad oggi latenti, che rendano il modello di business più aderente alla realtà esaminata.

Bibliografia

- [1] Chesbrough, H and S Rosenbloom (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from Xerox Corporation's technology spinoff companies. *Industrial and Corporate Change*, 11(3), 529-555
- [2] Chesbrough, H (2010). Business model innovation: Opportunities and barriers. *Long Range Planning*, 43(2/3), 354-363

- [3] Teece, DJ (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2/3), 172–194
- [4] Schneider, S., & Spieth, P. (2013). Business model innovation: Towards an integrated future research agenda. *International Journal of Innovation Management*, 17(01), 1340001.
- [5] Chesbrough, H (2007). Business model innovation: It's not just about technology anymore. *Strategy and Leadership*, 35(6), 12–17.
- [6] Hamel, G and L Välikangas (2003). The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 81(9), 52–63
- [7] Morris, M, MH Schindehutte and J Allen (2005). The entrepreneur's business model: Toward a unified perspective. *Journal of Business Research*, 58(6), 726–735.
- [8] C, R Amit and L Massa (2011). The business model: Recent developments and future research. *Journal of Management*, 37(4), 1019–1042.
- [9] Bock, A, T Opsahl and G George (2010). Business model innovation and strategic flexibility: A study of the effects of informal and formal organisation. Working Paper No. SSRN 1533742, Imperial College London, UK.
- [10] Porter M. (2011) Il Vantaggio Competitivo. Piccola Biblioteca Einaudi Nuova Serie Scienze Sociali Volume 533
- [11] ISMEA Mercati, Scheda di Settore Olio di Oliva, 7 aprile 2020 (Fonte: <http://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPpagina/3523>)
- [12] De Gennaro B. – Bernardo C. (2009): Evoluzione degli scambi commerciali dell'Italia nel mercato mondiale degli oli di oliva, *Agriregionieuropa*, Anno 5, n. 17
- [13] ISMEA (2013): REPORT. Olio di oliva: la struttura del settore, Ismea
- [14] CSQA Certificazioni Srl (2017) Discipinare Tecnico di Prodotto DTP 125 relativo al prodotto Olio di Oliva Extra Vergine sostenibile” Revisione 00 del 11.01.2017
- [15] Chesbrough, H. W. (2003). The era of open innovation. *MIT Sloan Management Review*, 44, 35e41

WASTE MANAGEMENT AND VALORIZATION

BIOWASTE: XXII CONFERENZA SUL COMPOSTAGGIO E DIGESTIONE ANAEROBICA. SESSIONE TECNICA

La gestione e la valorizzazione del biorifiuto: in un'ottica di bioraffineria, la sessione affronta i temi legati alla generazione e valorizzazione dei possibili output derivanti dai processi di riciclo dei rifiuti organici, che spaziano dal biometano ai diversi tipi di fertilizzanti organici (ammendanti e concimi), oltre ai composti impiegabili in svariate applicazioni industriali. Si presentano relazioni tecniche e scientifiche sull'uso di fertilizzanti organici che assumono lo status di end of waste e che sono i prodotti del riciclo organico.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e CIC**

Presidenti di sessione:

- Massimo Centemero, CIC

- Alberto Confalonieri, *Comitato Tecnico CIC*

The C2Land Project: a soil improver obtained by HTC of the OFMSW digestate

Daniela Bona daniela.bona@fmach.it¹, Donato Scrinzi², Silvia Silvestri¹, Gianni Andreottola², Luca Fiori².

¹- *Fondazione Edmund Mach, Centro Trasferimento Tecnologico, San Michele all'Adige (TN).*

²- *Università di Trento, Trento.*

Riassunto

La carbonizzazione idrotermica (HTC) è una tecnologia di trasformazione termochimica delle biomasse che può essere applicata al trattamento del digestato ottenuto a valle della digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani per ridurre volumi e migliorarne le proprietà. Il prodotto ottenuto, l'hydrochar, può essere impiegato come ammendante, anche se è stata dimostrata una potenziale fitotossicità, che il processo di compostaggio potrebbe contribuire a ridurre. I dati qui presentati sono stati ottenuti nell'ambito delle attività sperimentali del progetto C2LAND finanziato da EIT-Climate KIC (Call 2019).

Summary

Hydrothermal Carbonization (HTC) is an emerging technology that can be applied to produce hydrochar from OFMSW digestate. Now, there are few works on this HTC application and the literature have a lack of knowledge about the suitability of wet HC use as amendment. The phytotoxicity of HC would be reduced by composting process for obtaining a better quality amendment. The C2LAND project, funded by EIT-Climate KIC (Call 2019), aim to study new industrial scaling model to produce a valuable co-compost from OFMSW digestate and a portion of its HC.

1. Introduzione

Il progetto C2LAND “*Innovation in soiltech: a soil improver obtained by HTC as a tool to reduce GHG emissions*” (EIT-Climate KIC, Call 2019) (Fig. 1) mira a testare la possibilità di applicare la produzione di hydrochar (HC) per la gestione del digestato prodotto dalla digestione anaerobica (DA) della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU).



Fig. 1 – Progetto C2LAND (“*Innovation in soiltech: a soil improver obtained by HTC as a tool to reduce GHG emissions*”) finanziato da EIT-Climate KIC (Call 2019).

In Italia, ci sono attualmente 339 impianti dedicati al trattamento della FORUS, 35 di questi prevedono un trattamento integrato anaerobico, per la produzione di biogas e aerobico, per la produzione di compost dal digestato. Il caso studio considerato nel progetto qui presentato è quello dell'impianto Bioenergia Trentino, localizzato a San Michele a/A in Provincia di Trento. L'impianto si avvale della tecnologia Kompogas per il trattamento in modalità semi-dry di circa 40.000 tonnellate di rifiuto organico e 14.000 tonnellate di rifiuto verde. Vengono prodotti annualmente 7.5 milioni di m³ di biogas e 13.000 tonnellate di compost, grazie appunto ad un ciclo integrato anaerobico - aerobico.

La carbonizzazione idrotermica o Hydrothermal Carbonization (HTC) è un processo termochimico adatto per la trasformazione di biomasse con elevato contenuto di umidità. La reazione è condotta a temperature comprese tra 180°C e 250°C in pressione (Zhang et al., 2019). Rispetto alla pirolisi, la temperatura di carbonizzazione idrotermale è solitamente più bassa, così come è più bassa anche la richiesta di energia; l'acqua presente nella biomassa non viene rimossa perché utilizzata come solvente ed infine alcuni gas, come CO₂, gli ossidi di azoto e zolfo vengono sciolti in acqua, formando i corrispondenti acidi e/o sali (Kang et al., 2012; Lucian et al., 2017).

Recenti studi hanno dimostrato che l'HC può avere effetti di fitotossicità dovuti alla presenza di molecole formati durante la reazione idrotermica, come ad esempio IPA, composti fenolici o idrossimetilfurfurali (Busch et al., 2013). Molto promettente sembra essere il post trattamento dell'HC attraverso il compostaggio (Busch et al., 2013). Attualmente poche sono ancora le informazioni relative alla vera causa della fitotossicità manifestata in alcuni HC testati e poche sono anche le informazioni relative alle sue caratteristiche quando ottenuto dal trattamento del digestato da FORSU.

2. Relazione

2.1 Progetto C2LAND

Il progetto C2LAND mira a valutare due possibili scenari di sviluppo per la gestione del digestato presso l'impianto. Un primo scenario prevede la produzione di HC da una quota di digestato e il suo impiego in qualità di ammendante. Una seconda possibilità invece prevede un co-compostaggio di digestato ed HC per la produzione di co-compost.

In entrambi i casi, i vantaggi che derivano dall'integrazione della carbonizzazione idrotermica per il trattamento del digestato sono sia di natura gestionale, legati quindi ad una riduzione dei volumi di digestato e al potenziale incremento della capacità di trattamento di FORSU in ingresso all'impianto e quindi alla produzione di biogas, ma anche di natura ambientale, dovuti invece alla cattura di carbonio e riduzione delle emissioni di GHG sia nella fase di compostaggio, sia dopo applicazione al suolo di HC e/o co-compost.

Pertanto le attività sperimentali sono finalizzati a valutare i due scenari di cui sopra, considerando:

- le caratteristiche e le proprietà ammendanti dei prodotti ottenuti a diverse temperature tramite HTC, sia rispetto gli effetti dovuti a fitotossicità sia gli effetti al suolo;
- l'effetto del co-compostaggio sulla riduzione della fitotossicità e le caratteristiche e proprietà ammendanti del co-compost a confronto con il compost da digestato. Anche in questo caso considerando sia fitotossicità che effetti al suolo;
- impatto dell'integrazione della tecnologia HTC in impianto sulle emissioni climalteranti;
- LCA e modello di business di entrambi gli scenari ipotizzati.

Il progetto C2LAND è attualmente in corso; è iniziato a gennaio 2020 e terminerà a fine anno. Nella presente relazione vengono riportati i dati relativi alle prime fasi di progetto legate quindi allo studio dei processi per la produzione a livello di laboratorio di a) hydrochar e di

b) co-compost ed in particolare c) alla fitotossicità dell'hydrochar per poterlo utilizzare direttamente come ammendante. Elemento di novità, rispetto a studi precedenti sull'argomento, risiede anche nella scelta di utilizzare hydrochar "wet", ovvero con un contenuto di sostanza secca di circa 30 %, dopo sola filtrazione, senza ricorrere a tecniche di essiccazione/rimozione dell'acqua contenuta.

Partner del progetto sono la Fondazione Edmund Mach, l'Università di Trento e HUB Innovation Trentino (HIT), mentre le aziende Bioenergia Trentino Srl e Carboem Srl, assieme alla Provincia Autonoma di Trento, sono coinvolte in qualità di stakeholders.

2.2 Produzione di Hydrochar

Il digestato campionato a valle del reattore Kompogas di Bioenergia Trentino è stato campionato e caratterizzato (Tab. 1) per le successive reazioni di HTC. Il reattore di laboratorio utilizzato per le prove ha una capacità di 2 L. Sono state condotte 4 reazioni di HTC a tre diverse temperature (180 °C; 200 °C e 220 °C). L'HC ottenuto è stato caratterizzato rispetto ai parametri di base per le successive prove di fitotossicità (Tab. 1). Sono tuttora in corso la analisi di caratterizzazione. In particolare i campioni, ottenuti a diverse temperature, saranno caratterizzati rispetto alla loro composizione elementare (CHN), contenuto in Azoto, Fosforo e micronutrienti ed infine metalli e idrocarburi policiclici aromatici. L'HC ottenuto è stato separato dal mezzo di reazione (liquor) tramite sola filtrazione. Il liquor ottenuto quale scarto di processo, verrà caratterizzato per definire sia la concentrazione di molecole di interesse, sia il contenuto in nutrienti (particolarmente N e P), per valutare un suo impiego in altri processi e/o per ricircolo all'interno del digestore.

L'HC, grazie alla specifica reazione termochimica, è formato da molecole ad elevato contenuto in carbonio ed è ricco in gruppi funzionali contenenti ossigeno (Busch et al., 2013; Wiedner et al., 2013). Grazie a queste caratteristiche potrebbe essere impiegato come ammendante per la gestione della sostanza organica e la fertilità dei suoli e potrebbe svolgere un ruolo nella cattura e stoccaggio del carbonio (Fuertes et al., 2010). Va considerato che, rispetto al biochar, l'HC si presenta biochimicamente meno stabile (Libra et al., 2011). Rispetto al digestato di partenza, gli hydrochar prodotti hanno un contenuto in solidi (dopo filtrazione) più alto e un contenuto in solidi volatili, pH e conducibilità pressoché paragonabili (Tab. 1).

Dai risultati ottenuti dalle diverse reazioni di HTC condotte (Tab. 2) è stata individuata la migliore temperatura per il trattamento del digestato attraverso questo tipo di reazione termochimica, considerando sia i parametri tecnici che quelli relativi alla fitotossicità (Fig. 2-5). All'aumentare della temperatura di processo, migliora la resa solida della sostanza secca e la resa totale di quantità di HC umido rispetto alla biomassa in ingresso, a fronte però di una maggiore richiesta di energia termica. La temperatura di 200°C presenta una buona filtrabilità come indicato dal valore di CST inferiore a 20 s, paragonabile a un fango molto filtrabile (Tab. 2).

| Parametri | Unità di misura | Digestato | HC 180 °C | HC 200 °C | HC 220 °C |
|-----------|------------------------|------------|------------|--------------|-----------|
| pH | [-] | 8.5 | 8.8 | 8.8 | 8.7 |
| ST | [%] | 17.4 ± 0.9 | 27.8 ± 0.9 | 28.2 ± 0.6 * | 30 ± 3 * |
| SV | [% ST] | 59 ± 2 | 53 ± 1 | 52 ± 1 | 51 ± 9 |
| CES | [μS cm ⁻¹] | 4554 | 4310 | 4750 | 4650 |

Tab 1 – Caratterizzazione di digestato utilizzato per reazioni HTC e degli hydrochar ottenuti alle diverse temperature.

| Parametri | Unità di misura | 180 °C | 200 °C | 220 °C |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>Resa solida HTC</i> | [%] <small>on dry basis</small> | 77 ± 8 | 73 ± 8 | 69 ± 6 |
| <i>CST</i> * | [s] | 48 ± 14 | 15 ± 3 | 14 ± 1 |
| <i>Wet HC / initial feedstock</i> | [%] <small>on wet basis</small> | 44 ± 3 | 41 ± 3 | 37 ± 2 |
| <i>Energia termica richiesta</i> ** | [kWh] | 1.4 ± 0.1 | 1.54 ± 0.07 | 1.80 ± 0.05 |

Tab 2 – Parametri di caratterizzazione delle reazioni HTC.

2.3 Co-compostaggio

Per la simulazione del processo di compostaggio e quindi per la produzione dei co-compost sono stati allestiti, nell'ambito delle attività di progetto, 4 reattori di laboratorio della capacità di circa 10 Litri. I reattori sono stati allestiti preparando delle miscele simili a quelle trattate nell'impianto in scala reale di Bioenergia Trentino. In tabella (Tab. 3) vengono riportate le quantità utilizzate delle diverse frazioni per la preparazione dei 4 test. Sono state confrontate quindi 4 miscele con percentuale crescente di hydrochar rispetto al digestato (0 %, considerato come bianco, 25 %, 50 % e 75 %). L'HC scelto è quello ottenuto a 200°C.

Il processo di co-compostaggio sarà condotto secondo le stesse condizioni di durata e temperatura dell'impianto, quindi ci sarà una prima fase termofila di circa 10 giorni alla quale seguirà, dopo un progressivo abbassamento della temperatura, una fase termofila di 15 giorni.

I co-compost prodotti saranno caratterizzati analogamente a quanto fatto per HC tal quali (parametri di base, caratterizzazione chimica della composizione elementare, metalli, IPA) e saranno testati rispetto all'impiego agronomico (fitotossicità ed effetti al suolo).

| | Bianco | MIX 25% | MIX 50% | MIX 75% | TOT |
|--------------------------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| <i>Rifiuto Verde (kg)</i> | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| <i>Sovvallo (>4cm) (kg)</i> | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| <i>Sovvallo (>1cm) (kg)</i> | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| <i>Digestato (kg)</i> | 6 | 4.5 | 3 | 1.5 | 15 |
| <i>Hydrochar (kg)</i> | 0 | 1.5 | 3 | 4.5 | 9 |
| <i>Totale (kg)</i> | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |

Tab 3 – Miscele utilizzate per i test di co-compostaggio in corso.

2.4 Fitotossicità e proprietà ammendanti

I campioni di HC prodotti e caratterizzati sono stati utilizzati per la conduzione di una serie di prove sperimentali volte a valutarne la fitotossicità determinando, in un primo momento l'indice di germinazione (GI). I test sono stati condotti sia utilizzando il materiale tal quale sia utilizzando l'estratto ottenuto da ogni campione. La conduzione di test di fitotossicità con impiego di substrato solido è raccomandata per i prodotti ottenuti da processi termochimici come evidenziato in studi recenti (Visioli et al., 2016). Il substrato solido è stato aggiunto ad una miscela di sabbia-torba. L'estratto acquoso invece è stato ottenuto applicando il metodo descritto nella metodica UNI EN 12457. Le concentrazioni crescenti di campione utilizzato sono state: 0.5 %, 1 %, 2 %, 4 %, 8 %, 16 %, 32 %, 64 %, 100 %. La fitotossicità è stata misurata utilizzando tre diverse tipologie di semi (*Lepidium sativum*; *Cucumis sativus*; *Sorghum bicolor*), incubando le piastre Petri a 25 °C per 72 h.

Nelle seguenti figure vengono riportati i dati ottenuti (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5). Come si può vedere gli HC presentano valori ed andamenti molto simili tra di loro e simili anche al digestato tal quale. A concentrazioni superiori al 32 %, tutti i campioni risultati fitotossici per tutti le tipologie di semi utilizzate.

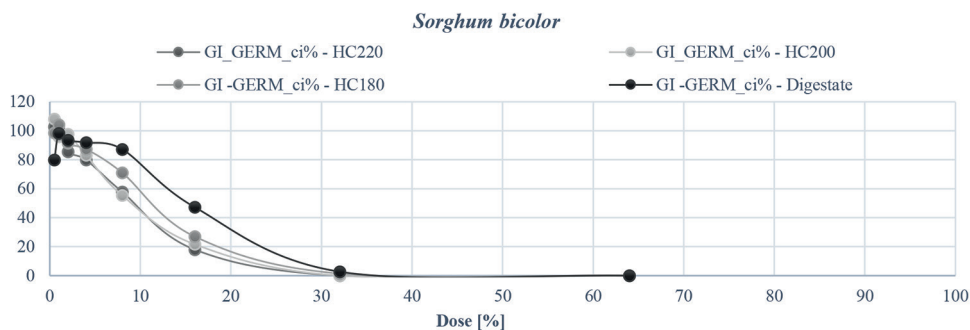


Fig. 2 – Risultati test germinazione sorgo su substrato solido (GI – Germination Index %)

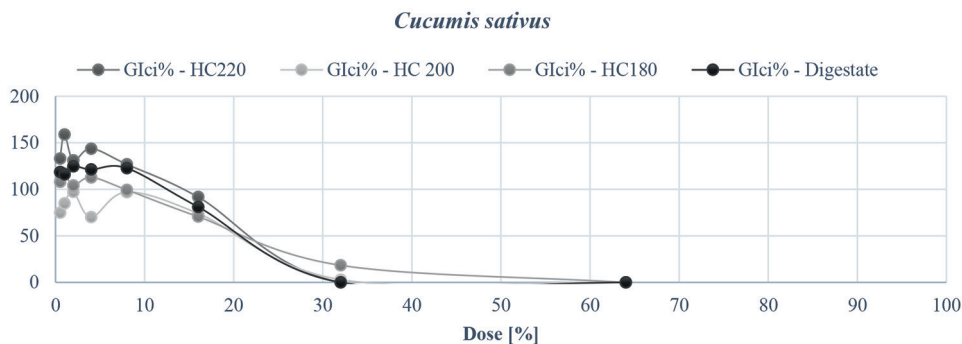


Fig. 3 – Risultati test germinazione cetriolo su substrato solido (GI – Germination Index %)

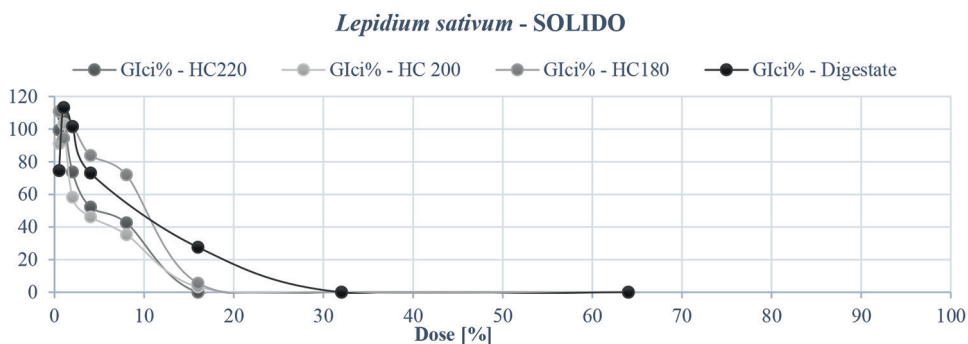


Fig. 4 – Risultati test germinazione crescita su substrato solido (GI – Germination Index %)

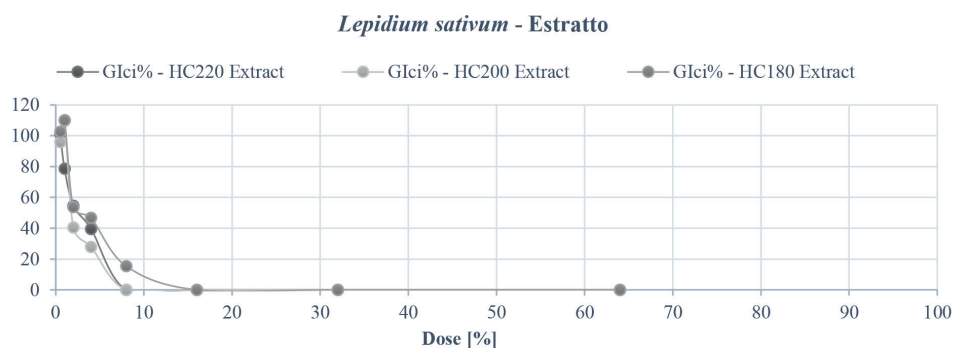


Fig. 5 – Risultati test germinazione crescita utilizzando estratto acquoso (GI –Germination Index %)

Confrontando poi i risultati su matrice solida (Fig. 4) ed estratto (Fig. 5) si può vedere come l'estratto sia leggermente più fitotossico rispetto alla matrice solida. Questo ad una prima analisi e con i dati finora a nostra disposizione, ci permette di supporre che la fitotossicità di HC sia dovuta principalmente alla presenza di composti salini comunque presenti prima del trattamento HTC, considerando gli elevati valori di conducibilità registrati (Tab. 1). Le analisi in corso sugli estratti e le caratterizzazioni chimico fisiche ci permetteranno comunque di approfondire l'eventuale azione fitotossica dovuta alla presenza di composti fenolici, IPA o acidi organici formati dopo la reazione termochimica di HTC. Sono anche in corso i test di accrescimento su piante di crescita (*Lepidium sativum*) per stabilire l'effetto di questi composti sull'emersione di germogli e radici di piante superiori.

3. Conclusioni

I dati finora raccolti ci hanno permesso di trattare e ottenere HC e co-compost a partire dal trattamento del digestato ottenuto dalla DA di FORSU in impianto semi-dry. La temperatura più promettente per questo tipo di trattamento è stata individuata sulla base delle prestazioni tecniche del processo di HTC (200 °C), visto che gli HC ottenuti a diverse temperature non hanno mostrato differenze significative né rispetto alla caratterizzazione di base, né rispetto alla fitotossicità. Le analisi tuttora in corso, in particolare la caratterizzazione chimica sia dei campioni tal quali, sia degli estratti ottenuti permetteranno di approfondire la conoscenza relativa alla presenza di composti ad azione fitotossica, ma anche l'azione del co-compostaggio sulla loro eventuale riduzione.

Inoltre le analisi degli effetti sul suolo e delle emissioni di GHG (prove in corso) assieme ai dati sperimentali delle prove fatte, saranno utilizzate per l'elaborazione dell'analisi LCA e del modello di business per entrambi gli scenari ipotizzati.

Bibliografia

- Busch, D., Stark, A., Kammann, C. I., & Glaser, B. (2013). Genotoxic and phytotoxic risk assessment of fresh and treated hydrochar from hydrothermal carbonization compared to biochar from pyrolysis. *Ecotoxicology and environmental safety*, 97, 59-66.
- Fuertes, A. B.; Arbustain, M. C.; Sevilla, M.; Maciá-Agulló, J. A.; Fiol, S.; López, R.; Smernik, R. J.; Aitkenhead, W. P.; Arce, F.; Macias, F. Chemical and structural properties of carbonaceous products obtained by pyrolysis and hydrothermal carbonisation of corn stover. *Aust. J. Soil Res.* 2010, 48, 618.
- Kang, S., Li, X., Fan, J., & Chang, J. (2012). Characterization of hydrochars produced by hydrothermal carbonization of lignin, cellulose, D-xylose, and wood meal. *Industrial & engineering chemistry research*, 51(26), 9023-9031.

- Libra, J.; Ro, K.; Kammann, C.; Funke, A.; Berge, N.; Neubauer, Y.; Titirici, M.; Fuhner, C.; Bens, O.; Kern, J.; et al. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels* 2011, 2, 89–124
- Lucian, M., & Fiori, L. (2017). Hydrothermal carbonization of waste biomass: Process design, modeling, energy efficiency and cost analysis. *Energies*, 10(2), 211.
- Visioli, G., Conti, F. D., Menta, C., Bandiera, M., Malcevschi, A., Jones, D. L., & Vamerali, T. (2016). Assessing biochar ecotoxicology for soil amendment by root phytotoxicity bioassays. *Environmental monitoring and assessment*, 188(3), 166.
- Wiedner, K., Rumpel, C., Steiner, C., Pozzi, A., Maas, R., & Glaser, B. (2013). Chemical evaluation of chars produced by thermochemical conversion (gasification, pyrolysis and hydrothermal carbonization) of agro-industrial biomass on a commercial scale. *Biomass and Bioenergy*, 59, 264-278.
- Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B., & Liu, L. (2019). Insights into biochar and hydrochar production and applications: a review. *Energy*, 171, 581-598.

Trattamento dei residui liquidi della digestione anaerobica

*Paolo Foa fop@tbf.ch, Sonia Mattia, Christian Fux
TBF+Partner AG, Lugano (Svizzera)*

Riassunto

La frazione liquida derivante dal post trattamento del digestato è caratterizzata da concentrazioni di azoto ammoniacale molto elevate: è opportuno quindi valutare, per un corretto smaltimento della stessa, soluzioni alternative al processo tradizionale di nitrificazione-denitrificazione, ottimizzate dal punto di vista energetico ed efficienti dal punto di vista delle risorse. Una delle più promettenti alternative in tal senso è il processo di nitrificazione parziale – Anammox (PN/A), di cui sono state sviluppate ed implementate con successo su scala reale diverse configurazioni commerciali. In quest’ottica, si vogliono illustrare i risultati di un confronto effettuato presso due impianti di depurazione in Svizzera, presso i quali sono presenti due diverse tecnologie: l’impianto di Berna, con la tecnologia Demon® in una configurazione speciale in doppio stadio, e l’impianto di Foce Ticino (Locarno), dove è stata implementata la tecnologia a singolo stadio Anita™Mox.

Summary

The liquid fraction resulting from post treatment of the digestate is characterised by very high concentrations of ammoniacal nitrogen: it is therefore appropriate to evaluate alternatives to the traditional nitrification-denitrification process, which are energy-optimised and resource-efficient. One of the most promising alternatives in this sense is the partial nitrification-denitrification process - Anammox (PN/A), of which several commercial configurations have been successfully developed and implemented on a full scale. For this purpose, we would like to illustrate the results of a comparison carried out in two waste water treatments plants in Switzerland, where two different technologies are installed: the Bern WWTP, with Demon® technology in a special two-stage configuration, and the Foce Ticino (Locarno) WWTP, where Anita™Mox single-stage technology was implemented.

1. Introduzione

Per la rimozione dell’ammonio dalle acque reflue, gli schemi di trattamento tradizionali utilizzano processi combinati di nitrificazione-denitrificazione. Spesso, però, tali processi non risultano sufficienti in caso di carichi di azoto molto alti. C’è quindi un crescente interesse a sviluppare processi ottimizzati dal punto di vista energetico ed efficienti dal punto di vista delle risorse, ed il processo di nitrificazione parziale-anammox (in breve PN/A, partial nitrification/anammox), introducendo un percorso più breve nel ciclo dell’azoto, viene considerato come una delle più promettenti alternative al processo di rimozione dell’ammonio in modo tradizionale. Oggi il trattamento anammox sui surnatanti della digestione fanghi di depurazione, pure caratterizzata da forti carichi di azoto, è una tecnologia provata con un centinaio di impianti su scala mondiale.

Nel processo PN/A si ha dapprima una parziale ossidazione dell’ammonio a nitrito; quindi, i batteri Anammox (acronimo di ANaerobic AMMonium OXidation), convertono il nitrito

formato con la restante parte di ammonio in azoto gassoso. I batteri Anammox operano in ambiente anareobico e sono autotrofi: pertanto, i processi PN/A presentano un fabbisogno di ossigeno molto più contenuto rispetto ai tradizionali processi di nitrificazione (l'aerazione è infatti richiesta solo nella prima parte del processo), rendendo il processo PN/A estremamente vantaggioso dal punto di vista economico.

2. Relazione

2.1 Principali tipologie di processi PN/A

Nell'ultimo decennio sono state sviluppate e implementate con successo diverse tecnologie in scala reale. Per un migliore controllo del processo di nitrificazione, ovvero soppressione dei batteri nitrito-ossidanti (NOB) e ossidazione parziale dell'ammonio influente, le prime applicazioni del processo PN/A hanno utilizzato configurazioni a due stadi, per poi spostare l'attenzione sui sistemi mono-stadio, che implicano minori costi di investimento.

Le principali applicazioni a larga scala attualmente esistenti sono reattori con biomasse granulari e reattori con biofilm adeso a letto mobile (MBBR).

Tra i reattori granulari, uno dei primi sistemi PN/A implementati è stato il processo **SHARON/ANAMMOX**[®] di Paques, che inizialmente era stato realizzato come letto di fango granulare in due compartimenti del reattore sovrapposti. L'ammonio viene parzialmente ossidato a nitrito nel primo stadio; successivamente il nitrito reagisce con l'ammonio rimanente nello stadio Anammox [1].

Questa soluzione impiantistica, che prevede un trattamento in un reattore a flusso continuo, si distingue da altre tipologie di trattamento biologico per la totale assenza di dispositivi di ritenzione della biomassa. Le alte temperature, tra i 30 e i 40° C, e i tempi di ritenzione idraulici estremamente limitati favoriscono lo sviluppo dei batteri AOB, a scapito dei batteri NOB, che vengono dilavati e permettono di ossidare circa metà dell'ammonio in ingresso attraverso una reazione di parziale nitrificazione [2].

Sempre tra i reattori granulari, ma come tecnologia SBR anziché a flusso continuo, la configurazione **DEMON**[®] è la più diffusa. **DEMON**[®] utilizza un sistema brevettato di controllo della portata di ingresso basato sul pH. Un idrociclone permette di regolare l'età del fango in maniera indipendente per i batteri ammonio ossidanti e per i batteri Anammox. Questa separazione selettiva della biomassa permette di dilavare i batteri NOB, aggregati in fiocchi più piccoli e leggeri, e di trattenere invece i batteri Anammox, aggregati in granuli più grandi e pesanti. Inoltre, lo spurgo della frazione leggera permette di eliminare selettivamente i solidi sospesi in entrata. Il processo combina la parziale nitrificazione e la deammonificazione in un unico reattore, dove si alternano condizioni aerobiche e anaerobiche: durante la prima fase, l'ammonio viene nitrificato parzialmente, mantenendo valori bassi di ossigeno disciolto in modo da impedire che gli NOB prendano il sopravvento sugli AOB; nella seconda fase, l'ammonio viene ossidato completamente ad azoto molecolare attraverso la reazione Anammox. Le condizioni all'interno della vasca devono essere tali da consentire la convivenza di batteri aerobici ammonio ossidanti e batteri anaerobici anammox attraverso il controllo del pH come pure delle concentrazioni di NH_4^+ , NO_2^- e del NO_3^- [1].

Tra i reattori MBBR che rientrano nei nostri casi studio vi è quello nato dalla collaborazione tra Veolia e la società svedese AnoxKaldnes, il processo PN/A a singolo stadio ANITA[™]Mox. Tale configurazione prevede un'alimentazione in continuo del reattore; i batteri crescono su supporti plastici dedicati ("carriers") fluttuanti nel bacino, che consentono una sicura ritenzione della biomassa anammox e un conseguente contenimento dei volumi del reattore. Il primo impianto realizzato, l'IDA di Sjölanda situato a Malmö, in Svezia, è anche sede di una Biofarm utilizzata per la coltivazione di batteri Anammox sui supporti plastici, che possono

poi essere prelevati per l'inoculazione di altri impianti simili. L'aerazione è controllata tramite un metodo brevettato che utilizza il rapporto tra le concentrazioni di ammonio influente ed effluente e la produzione di nitrati per mantenere valori predeterminati di ossigeno disciolto in vasca. Il fango sospeso separato dall'effluente contiene circa il 90% dei batteri ammonio-ossidanti, mostrando un turnover maggiore rispetto al sistema a biofilm puro [1].

2.2 *Casi studio*

Impianto di Foce Ticino

L'impianto di Foce Ticino ha una capacità di trattamento fanghi di tre volte superiore a quella del trattamento acque, che riceve dunque surnatanti dall'elevata concentrazione di azoto ammoniacale. Questa situazione, abbinata alla co-digestione di substrati organici esterni, ha reso necessaria la realizzazione di una sezione separata di trattamento dei surnatanti provenienti dal trattamento fanghi. Si è optato per un reattore PN/A di tipo Anita™Mox, entrato in funzione nel 2016.

A monte del vero e proprio reattore di PN/A (bacino Anita™Mox), è presente un bacino del centrato, proveniente dalla disidratazione dei fanghi digeriti anaerobicamente, che ha la funzione di stoccare le acque di risulta prima del trattamento di deammonificazione. Qui il centrato fluisce attraverso un ciclone per separare e allontanare le sostanze solide.

L'acqua di risulta viene quindi inviata al bacino Anita™Mox, dove avviene il processo Anammox.

Rispetto ai tradizionali reattori Anita™Mox, quello di Foce Ticino presenta una particolarità: una sezione aggiuntiva, chiamata "zona C" (volume di circa 55 m³), che originariamente doveva essere una zona ad alta areazione finalizzata alla riduzione del carbonio dai reflui prima del processo Anammox. Infatti, insieme alle acque provenienti dalla disidratazione dei fanghi, si volevano sottoporre a deammonificazione anche le acque di condensazione provenienti dalla sezione di essiccamento fanghi, contenenti elevate concentrazioni di COD che avrebbero rallentato il processo Anammox. Si è però riscontrato un influsso negativo delle acque di condensazione sulla biomassa Anammox, a causa della presenza di un pulviscolo che ricopriva i supporti e inibiva il processo, e si è pertanto deciso di escluderli dal trattamento. Attualmente, tale zona C funge da semplice volume tampone: in esso non vi sono supporti e viene insufflata aria al solo scopo di mantenere la biomassa in sospensione, in modo intermittente (10 minuti/ora) per evitare fenomeni di nitrificazione.

Nella restante zona del bacino Anita™Mox, chiamata "zona N" (volume di circa 430 m³) avvengono i processi di nitrificazione e Anammox. Il reattore, ad alimentazione continua, è completamente aerato e riempito di supporti per circa il 35-40% del volume. Tali supporti permettono la crescita delle due differenti popolazioni di microorganismi: i batteri AOB, grazie alla presenza di ossigeno insufflato dal fondo, si formano sullo strato più esterno dei supporti, compiendo la nitrificazione; i batteri Anammox si formano invece sullo strato più interno dei supporti, dove l'ossigeno non riesce a penetrare, portando così a compimento il processo di deammonificazione.

Per far sì che le due reazioni aerobiche ed anossiche siano in equilibrio, all'interno del reattore Anita™Mox vi è una regolazione dell'ossigeno molto accurata: in base alla concentrazione di ammonio e nitrato rilevate, viene selezionato il valore di consegna relativo alla concentrazione d'ossigeno che si vuole mantenere nel reattore; sulla base di quest'ultimo, vengono di conseguenza regolate le soffianti.

Impianto di Berna

Presso l'impianto di Berna, nel 2013 erano stati installati due reattori SBR Demon® funzionanti in parallelo.

Tali impianti presentavano una resa di abbattimento che stentava a raggiungere il 50%, a causa di una nitrificazione insufficiente e di una eccessiva presenza di batteri nitrito-ossidanti, che non venivano allontanati dal sistema e causavano elevate concentrazioni di nitrati. Per questo motivo, nel 2018 è stato deciso di effettuare una modifica dell'impianto, trasformandolo in un sistema a due stadi in serie, mantenendo solo il secondo reattore come SBR Demon® con ridotta produzione di nitrito, dato che una buona parte avviene nel primo stadio.

Attualmente quindi l'impianto è costituito da due reattori collegati in serie con un volume massimo utilizzabile di circa 800 m³ ciascuno.

Circa 2/3 della portata di acqua di risulta viene alimentata al primo reattore (divenuto reattore di sola nitrificazione). L'aggiunta di acqua di risulta e l'aerazione avvengono a fasi alterne, sulla base dei valori di pH rilevati che devono mantenersi all'interno di un intervallo predeterminato. La biomassa viene mantenuta in sospensione dall'aerazione. Inoltre, quotidianamente vengono aggiunti fanghi attivi provenienti dallo stadio biologico per sostenere la nitrificazione, poiché l'esperienza ha mostrato che questo accorgimento contribuisce in modo significativo ad un funzionamento stabile.

Il 2° reattore (reattore Anammox) continua invece a funzionare come SBR. La lunghezza del ciclo è variabile, ma nell'intervallo di 6 ore. Ogni ciclo è composto da una fase di reazione, una fase di sedimentazione e una fase di scarico. Durante la fase di reazione, le acque reflue provenienti dal reattore di nitrificazione vengono alimentate in modo continuo al reattore Anammox, ottenendo così una miscela di nitriti e ammonio. Anche la fase di reazione è costituita da fasi aerate e non aerate, alternate con il caricamento dell'acqua di alimento e controllate dal valore del pH che viene mantenuto in una finestra di valori molto stretta. Durante le fasi di aerazione, la concentrazione di ossigeno viene mantenuta a circa 0,5 mg O₂/l: grazie a questa bassa concentrazione di ossigeno, il processo Anammox può avvenire anche durante i periodi di aerazione all'interno dei granuli. Le fasi aerate e non aerate come pure l'alimentazione dal primo stadio vengono ripetute fino al raggiungimento del livello massimo e l'inizio della fase di sedimentazione. Durante le fasi di sedimentazione e di scarico, non vi è né caricamento né aerazione. Il fango in eccesso viene scaricato attraverso l'uscita dell'acqua depurata, non essendoci un'uscita dedicata. Lo scarico attraversa un idrociclone in modo da ritenere il fango granulare Anammox nel reattore.

La quantità di acqua di risulta trattata non viene specificata dall'operatore, ma viene regolata dal reattore, sulla base di un controllo del pH.

2.3 Confronto delle rese dei due impianti

In questo paragrafo, verranno mostrati alcuni grafici con gli andamenti dei principali parametri analizzati nei due impianti, al fine di avere un confronto tra le prestazioni e i rendimenti dei due differenti processi ed evidenziare eventuali criticità.

Si fa presente che i dati analizzati per l'impianto di Foce Ticino sono relativi al periodo gennaio 2018-maggio 2020, mentre quelli dell'impianto di Berna riguardano il periodo gennaio 2019-aprile 2020, periodo successivo al suo upgrading a due stadi.

Nella seguente tabella vengono mostrate le principali condizioni operative in cui vengono gestiti i due impianti:

| Parametro | u.d.m. | Foce Ticino | Berna 1° stadio | Berna 2° stadio |
|----------------|---------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| T | °C | 37-39 | 30-35 | 30-35 |
| pH | | 6.5-7.5 | 7.1-7.2 | 7.2-7.4 |
| O ₂ | mgO ₂ /l | 0.3-1.0 | 0.5-1.0 | 0.0-0.5 |

Segue

| Parametro | u.d.m. | Foce Ticino | Berna 1° stadio | Berna 2° stadio |
|-------------------|--------|-------------|-----------------|-----------------|
| N-NH ₄ | mgN/l | 50-300 | 200-400 | 40-70 |
| N-NO ₂ | mgN/l | 2.5-7.0 | 300-500 | 1.5-3.0 |
| N-NO ₃ | mgN/l | 30-70 | 80-120 | 40-80 |
| SS | gSS/l | n.a. | 0.5-1.5 | 3-6 |

Tab. 1 – Parametri operativi dei due impianti

L'impianto di Berna tratta portate, e conseguentemente carichi di ammonio, maggiori; le quantità momentaneamente inferiori di acqua di risulta trattate a Berna nel 2019 sono da ricondursi a particolari condizioni operative del trattamento fanghi e non sono state causate dal processo Demon.

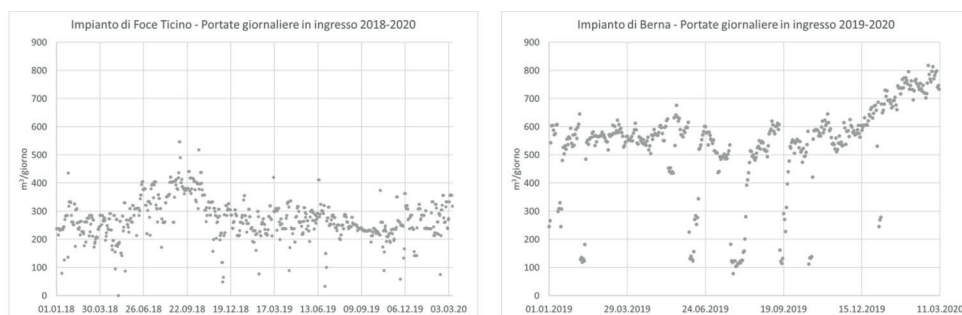


Fig. 1 – Confronto portate giornaliere in ingresso ai due impianti

I grafici di Figura 2 mostrano come, in entrambi i processi, l'ammonio viene abbattuto in modo soddisfacente. Il rendimento nel caso di Berna è maggiore, con valori superiori al 90% e un andamento molto più costante. Foce Ticino presenta invece valori molto più variabili, ma nel complesso positivi in quanto mediamente intorno all'80%. Valori superiori all'80% si raggiungono facilmente con un funzionamento SBR ma più difficilmente con un funzionamento in continuo; in entrambi i casi l'obiettivo primario – ovvero l'abbattimento dell'azoto – viene comunque raggiunto.

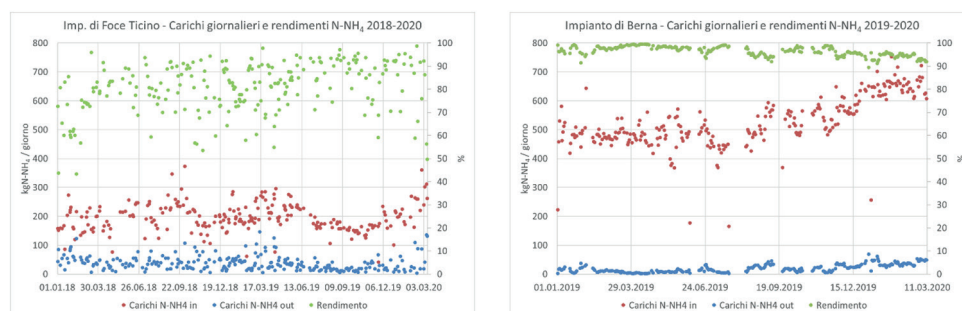


Fig. 2 – Confronto carichi N-NH₄ in ingresso e uscita e relativi rendimenti di abbattimento

I grafici del rapporto nitrati in uscita/ammonio abbattuto (**Figura 3**) mostrano l'attività degli NOB. La linea nera tratteggiata rappresenta la linea stechiometrica al di sopra della quale vi è

un'attività da parte della biomassa NOB, a scapito dei batteri Anammox. Il valore di letteratura della produzione di nitrato da parte degli anammox è pari al 13%, ma l'esperienza dimostra che si può considerare un valore pari al 15%. Si può quindi notare che, a Foce Ticino, il processo Anammox risulta apparentemente più instabile rispetto all'impianto di Berna e tendono ad essere presenti anche batteri NOB. Questo fenomeno può essere contrastato attraverso misure quali la riduzione della ventilazione.

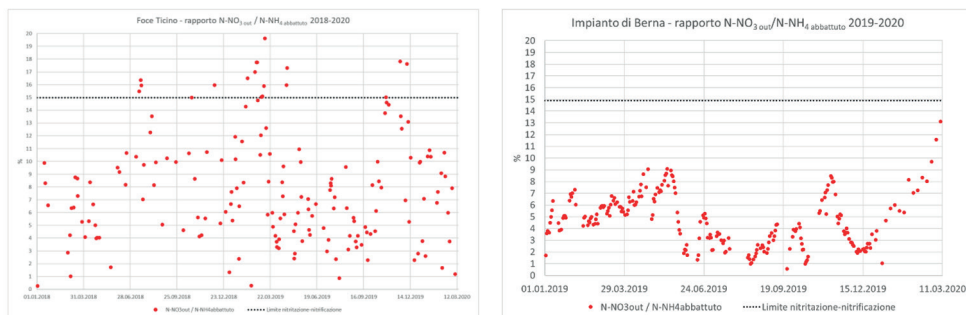


Fig. 3 – Confronto dei rapporti N-NO3 in uscita e ammonio abbattuto

Le rese di abbattimento specifiche dell'ammonio (Figura 4), ovvero la quantità di ammonio abbattuto per m³ di reattore, risultano nel complesso molto buone per entrambi gli impianti, poiché superiori a 200 gN-NH₄abb/m³, considerato un valore limite per il buon funzionamento del processo.

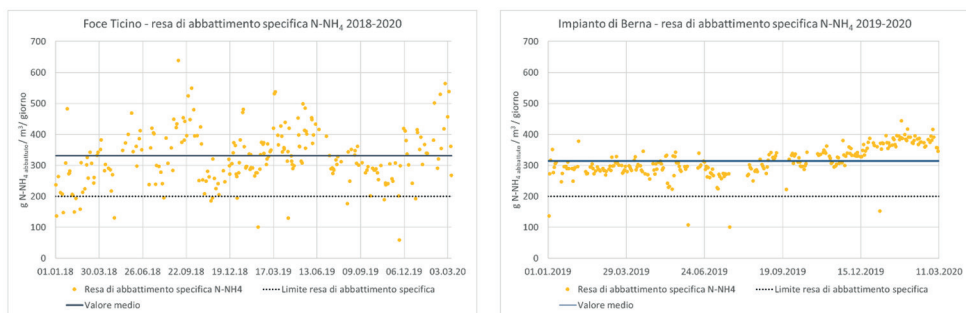


Fig. 4 – Confronto delle rese di abbattimento specifiche dell'ammonio

È stata infine misurata la concentrazione di monossido di diazoto (N₂O), importante gas serra emesso nei processi biologici, quando vi è areazione in presenza di nitrito disciolto. Nel corso di tre giorni differenti, durante i quali il processo anammox era in normale funzionamento senza alcuna problematica di rilievo, sono stati prelevati due campioni istantanei di gas direttamente dai reattori dei due impianti. I campioni prelevati sono stati analizzati nel laboratorio dell'Eawag. Per quanto riguarda Foce Ticino, l'emissione dal reattore Anammox corrisponderebbe a un valore compreso tra l'1 e il 2 % della presunta emissione dalla linea acque [3]. Presso l'impianto di Berna sono state invece misurate concentrazioni di N₂O che contribuiscono in modo significativo (circa il 30%) alle emissioni totali del depuratore. [4].

3. Conclusioni

L'impianto a due stadi di Berna presenta rese di abbattimento dell'ammonio superiori a quello monostadio di Foce Ticino, le cui rese si attestano in ogni caso su valori medi dell'80%, che sono da considerarsi molto buoni. L'impianto di Foce Ticino appare però più instabile rispetto a quello di Berna, in quanto si è osservata un'attività da parte della biomassa NOB a scapito dei batteri Anammox. Tale instabilità può essere contrastata attraverso misure quali la riduzione dell'areazione. Le rese di abbattimento specifiche dell'ammonio, ovvero la quantità di ammonio abbattuto per m³ di reattore, risultano nel complesso molto buone per tutti e due gli impianti, poiché superiori a 200 gN-NH₄^{abb}/m³, considerato un valore limite per il buon funzionamento del processo. Per quanto riguarda infine le concentrazioni di N₂O, le analisi hanno dimostrato che le emissioni del reattore di Foce Ticino risultano trascurabili, mentre quelle del reattore di Berna appaiono considerevoli. Questo mostra come il processo Anammox in due stadi porta un netto miglioramento in termini di stabilità operativa e di prestazioni di denitrificazione, ma causa emissioni di gas serra sotto forma di protossido di azoto che costituiscono una parte significativa delle emissioni totali previste degli impianti di trattamento delle acque reflue.

Bibliografia

- [1]: S. Lackner, E.M. Gilbert, S.E. Vlaeminck, A. Joss, H. Horn, M.C.M. van Loosdrecht, "Full-scale partial nitritation/anammox experiences – An application survey", 2014
- [2]: L.G.J.M. Van Dongen, M.S.M. Jetten, M.C.M. van Loosdrecht, "The Sharon-Anammox process for treatment of ammonium rich wastewater. Water", 2001
- [3]: A. Joss, W. Gruber, "IDA Foce Ticino: analisi delle emissioni di N₂O dal reattore Anammox", 2020
- [4]: A. Joss, W. Gruber, "Demon ARA Bern: Stichproben zur Abschätzung der N₂O Emission", 2020

Compostaggio collettivo di prossimità e tariffazione puntuale dei rifiuti urbani

*Riccardo Marchesi r.marchesi@corintea.it
Fabrizio Romboli (Corintea soc. coop. Torino)*

Riassunto

Il Consorzio CISA di Ciriè (TO) ha promosso da tempo diverse iniziative di compostaggio collettivo statico su piccola scala con “casette” in legno. Nel comune di Villanova Canavese (circa 1.200 abitanti) viene perseguita una strategia per la gestione «in loco» della frazione organica, con incisiva promozione dell'autocompostaggio, integrazione con il compostaggio collettivo per altre utenze, effettuazione della raccolta della frazione organica solo per le utenze specifiche non domestiche e altre utenze domestiche residuali.

Si riferisce sui risultati del primo anno di esercizio del sito di compostaggio collettivo statico, costituito da n. 2 casette in legno ed avente una potenzialità di circa 10 t/anno di FORSU trattata, con particolare riferimento alle modalità gestionali, ai parametri di processo rilevati, alle problematiche riscontrate, al compost prodotto.

Summary

The CISA Consortium of Ciriè (TO) has long promoted various small-scale collective static composting initiatives with wooden “houses”. In the municipality of Villanova Canavese (about 1,200 inhabitants) a strategy is pursued for the “on-site” management of the biowaste, with incisive promotion of home-composting, integration with collective composting for other users, carrying out the collection of the biowaste only for specific non-domestic users and other residual domestic users.

It refers to the results of the first year of operation of the static collective composting site, consisting of n. 2 wooden houses and with a potential of about 10 t/year of biowaste treated, with particular reference to the management methods, the process parameters detected, the problems encountered, the compost produced.

1. Introduzione

Il contesto è rappresentato da un comune pedemontano che conta 1.217 abitanti, con 508 utenze domestiche e 64 utenze non domestiche.

A Villanova C.se la raccolta domiciliare dei rifiuti urbani è stata attivata fin dal 2002, ed insieme ai limitrofi Mathi e Grosso costituisce la prima esperienza di adozione di questo modello in provincia di Torino.

Nell'anno 2017 la percentuale di Raccolta Differenziata, secondo il nuovo metodo normalizzato di calcolo ((DM Ambiente 26/05/16, recepito in Piemonte con Deliberazione della Giunta Regionale 3 novembre 2017, n. 15-5870 [1]) era al 59,5%.

Al fine di attestarsi su un livello maggiormente rispondente alle potenzialità del modello domiciliare di raccolta (Tornavacca, 2011 [2], Ghiringhelli, 2014 [3]), il Comune, in sinergia con il Consorzio CISA, ente di governo secondo la normativa regionale in tema di rifiuti, ha introdotto a partire dal 2018 la tariffazione puntuale.

In particolare nel Comune di Villanova Canavese, a partire dal 2018, viene effettuata la misurazione degli svuotamenti dei contenitori del rifiuto residuo (RUR) e della frazione organica umida (FORSU), per la quale è applicata, in caso di richiesta del servizio di raccolta, domiciliare, una tariffa “flat” aggiuntiva sulla parte variabile della tariffa.

Alle utenze domestiche che non praticano l'autocompostaggio è data la possibilità di conferire in un sito di compostaggio collettivo, ad accesso controllato e quindi il servizio di ritiro porta a porta è concepito come un'opzione “residuale”.

2. Relazione

2.1 *Materiali e metodi*

Il sito di compostaggio collettivo, recintato e videosorvegliato, vede il posizionamento di n. 2 cassette («chalet») in larice (capacità totale di circa 5 m³, utile di circa 3,8 m³). Il compostaggio è di tipo statico e riprende le esperienze condotte dal Consorzio CISA da qualche anno sul proprio territorio [4], [5].

L'installazione è stata autorizzata ex art. 214, comma 7 bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. (c.d. “compostaggio locale”, vedi Nota Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per i rifiuti e l'inquinamento a Regione Lombardia del 7/3/2019), che prevede che “...gli impianti di compostaggio aerobico di rifiuti biodegradabili derivanti da attività agricole e vivaistiche o da cucine, mense, mercati, giardini o parchi, che hanno una capacità di trattamento non eccedente 80 tonnellate annue e sono destinati esclusivamente al trattamento di rifiuti raccolti nel comune dove i suddetti rifiuti sono prodotti..., acquisito il parere dell'ARPA, previa predisposizione di un regolamento di gestione dell'impianto che preveda anche la nomina di un gestore da individuare in ambito comunale, possono essere realizzati e posti in esercizio con denuncia di inizio di nel rispetto delle prescrizioni in materia urbanistica, delle norme antisismiche, ambientali, di sicurezza, antincendio e igienico-sanitarie, delle norme relative all'efficienza energetica nonché delle disposizioni del codice dei beni culturali e del paesaggio...”.

Al fine di migliorare la capacità di “controllo” del sistema, oltre a verifiche a campione sulle utenze iscritte all'Albo Compostatori (disciplinato da un apposito Regolamento Comunale), è stato installato, con contributo della Regione Piemonte, nell'ambito di un più generale finanziamento finalizzato all'implementazione della tariffazione puntuale dei rifiuti urbani, un dispositivo per l'accesso controllato al sito di compostaggio collettivo, con apertura del cancello mediante apposita chiave elettronica e registrazione degli accessi.

La titolarità dell'impianto di compostaggio collettivo e la gestione sono del Comune di Villanova C.se. L'iniziativa è stata attuata con il supporto del Consorzio CISA di Ciriè, l'ente di governo della gestione dei rifiuti urbani, per l'esattezza, ai sensi dell'art. 9 comma 1 della L.R. 1/18, per le funzioni di organizzazione e controllo del servizio di gestione integrata inerenti alla prevenzione della produzione dei rifiuti urbani, alla riduzione, alla raccolta differenziata, alla raccolta dei rifiuti urbani residuali indifferenziati, alle strutture a servizio della raccolta differenziata e al trasporto e all'avvio a riciclo o trattamento delle raccolte differenziate, ad esclusione del rifiuto organico. I rapporti tra i due enti sono disciplinati da una convenzione. L'inaugurazione dell'installazione è stata effettuata il 24/11/18. Il bacino di utenza nel giro di qualche mese si è stabilizzato su circa n. 90 utenze domestiche, corrispondenti a circa 200 abitanti.

La gestione degli utenti che aderiscono al compostaggio collettivo è disciplinata dal Regolamento Comunale dell'Albo Compostatori, che riguarda sia l'autocompostaggio, come accennato in precedenza, sia il compostaggio collettivo.

2.2 Risultati

È stato innanzitutto definito un modello organizzativo gestionale, sulla base delle altre esperienze attuate da CISA, il quale prevede l'attivazione di due figure operative, ossia uno o più addetti incaricati dal Comune e un tecnico.

La prima figura ha essenzialmente compiti di "presidio", in particolare:

- collaborazione alla sensibilizzazione ed informazione delle utenze conferenti ed in generale degli abitanti;
- verifica della qualità degli apporti di scarti di cucina;
- verifica del grado di umidità del materiale organico con eventuale aggiunta di materiale lignocellulosico strutturante o di innaffiature (periodo estivo)
- miscelazione degli ultimi apporti (miscelazione di superficie);
- mantenimento del decoro del sito;
- collaborazione con il tecnico nelle operazioni di rivoltamento e vagliatura.

Il tecnico invece effettua interventi periodici, con compiti di:

- verifica della correttezza del processo, con valutazione/misurazione di alcuni parametri;
- verifica della presenza di elementi problematici (es. eccessive impurità, intrusioni, odori, percolato);
- collaborazione con il volontario nelle operazioni di rivoltamento e vagliatura;
- predisposizione di una comunicazione per gli utenti;
- predisposizione di un report per il Consorzio e il Comune.

Agli utenti è richiesto il conferimento del materiale sfuso, senza sacchetti, neanche biodegradabili o compostabili.

Poiché le compostiere ("cassette") sono due, a loro volta suddivise in due scomparti, uno per l'immissione dei rifiuti da parte degli utenti ed uno per la maturazione progressiva del compost, la gestione prevede una modalità in «batch»: si riempie (in un tempo medio di circa un mese) uno scomparto di immissione fino al 75-80% del volume disponibile (per evitare che la superficie degli scarti sia troppo vicino alla finestra di immissione) e poi si lascia a riposare circa un mese per il processo di biossidazione, passando a riempire quello dell'altra cassetta. Al momento della chiusura dello scomparto di immissione di una cassetta si effettua il rivoltamento del materiale dello scomparto di immissione dell'altra in quello di maturazione.

Quando il materiale è ritenuto sufficientemente maturo si effettua la vagliatura (circa 20 mm), in modo da separare le frazioni estranee, costituite da residui di sacchetti, materiali impropri e materiale lignocellulosico parzialmente indecomposto, quest'ultimo rimesso nel ciclo di trasformazione, anche con funzione di inoculo.

La dinamica degli accessi da parte degli utenti autorizzati al conferimento nel primo anno è risultata la seguente:

- n. chiavi attive (escluse quelle di servizio): 87
- n. accessi in un anno: circa 3.000 (2.962 dal 24/11/18 al 16/12/19)
- n. accessi medi giornalieri 1/1-16/12/2019: 8,4
- n. conferimenti medi per utenza: 3,3 al mese
- n. medio giorni di intervallo tra un accesso e il successivo: 9,2
- n. chiavi non più utilizzate negli ultimi mesi: 14, di cui alcune utilizzate solo 1-2 volte in tutto il periodo.

La Fig. 1 riporta la distribuzione delle frequenze di conferimento.

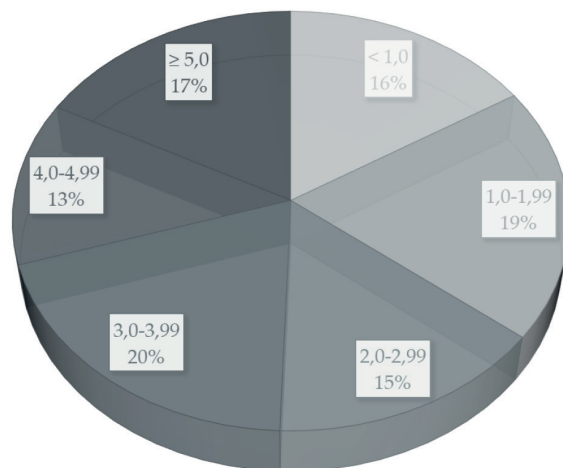


Fig. 1 – Ripartizione % delle classi di frequenza mensile dei conferimenti nelle cassette del compostaggio

Pur senza aver svolto un monitoraggio sistematico, dall’osservazione dei conferimenti avvenuti in presenza del personale addetto si è rilevato che mediamente gli utenti conferiscono 2 o 3 sacchetti alla volta, accorpando quelli prodotti in una settimana od anche eccezionalmente conferendo anche quelli di altri utenti iscritti.

Questi dati, uniti a quelli di una campagna di verifiche effettuate ad inizio 2020 su un campione di utenze che si posizionavano nelle classi con minori conferimenti e che ha portato al de-pennamento di 6 utenze dall’Albo dei conferenti, portano a stimare l’effettiva partecipazione pari a poco più dei 2/3 dei conferitori potenziali.

Durante i periodici sopralluoghi del tecnico si è rilevata la temperatura all’interno degli scomparti di immissione, nei quali si sta svolgendo la fase di biossidazione. La temperatura è un importante parametro, che fornisce un’informazione essenziale sulla correttezza dell’andamento del processo di compostaggio.

La Fig. 2 riporta l’andamento della temperatura rilevata nel corso dell’anno 2019.

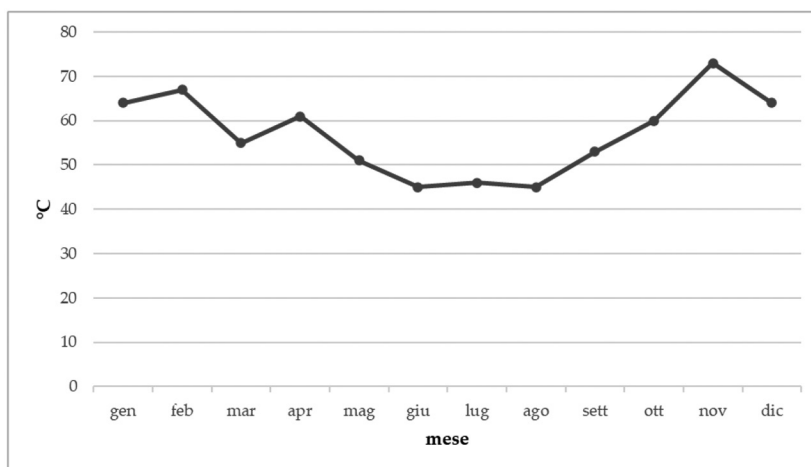


Fig. 2 – Andamento della temperatura nei compartimenti di immissione

La riduzione della temperatura osservata nel trimestre estivo 2019 è legata all'eccessiva disidratazione della massa in maturazione nei mesi estivi, non sufficientemente compensata dalle innaffiature effettuate, che ha oggettivamente rallentato il processo. Infatti nel corso del 2020, con una più attenta gestione dell'umidità della massa in trasformazione e temperature estive più basse, la temperatura nei comparti di immissione non è mai scesa sotto i 64 gradi. Con il tempo dovrebbero anche crescere le essenze arboree a cui compete la funzione ombreggiante. La principale problematica riscontrata è stata quella del conferimento dei sacchetti insieme alla frazione organica umida da parte di una quota di utenti, nonostante chiare istruzioni e continui richiami. Tali impurità, qualora presenti, sono state per lo più rimosse dal personale del Comune durante le verifiche quotidiane, ma anche in fase di vagliatura al momento della produzione di compost, così come altre frazioni estranee (es. capsule del caffè, tappi in metallo, vasetti dello yogurt, piccoli imballaggi in plastica, posate) che involontariamente o per trascuratezza sono state conferite insieme agli scarti di cucina.

Si è rilevata inoltre la presenza di moscerini e odori, ma in misura piuttosto contenuta e tutto sommato gestibile, anche per l'accuratezza con cui il personale incaricato ha seguito l'iniziativa, con interventi di aggiunta strutturante e miscelazione superficiale pressoché giornaliera. Nel corso del 2020 si è assistito alla intrusione di roditori e pertanto si è deciso di "sigillare" le compostiere con una griglia di acciaio zincato (maglia 10 mm x 10 mm) posta sul fondo e fissata sulle pareti interne dei vari scomparti, fino ad un'altezza di 6 cm. Con questo intervento il fenomeno non è più stato osservato.

In relazione alla capacità di trattamento delle compostiere, corrispondenti alla produzione di scarti di cucina di circa 60 abitanti equivalenti ciascuna, si è reso opportuno, anche per una migliore facilità di gestione, installare una terza compostiera, posizionata a marzo 2020. Tra le modifiche apportate si segnala la realizzazione di due scomparti di maturazione, con volume ciascuno pari alla metà di quello delle prime due cassette, in modo da segmentare maggiormente il materiale in trasformazione e disporre di lotti di età più omogenea.

Nel corso del 2020, previa vagliatura con un piccolo vaglio elettromeccanico rotante, è stata anche effettuata l'analisi del compost prodotto, in base a quanto prescritto dalla procedura autorizzativa, poiché a differenza di quanto avviene nell'attività di autocompostaggio o di compostaggio di comunità, il compost prodotto dal compostaggio locale deve rispettare i parametri stabiliti dalla norma sui fertilizzanti (d. lgs. 75/2010) per gli ammendanti compostati. La Tab. 1 riporta i risultati delle analisi.

| Parametro | Unità di misura | Valori rilevati | Limiti D.Lgs n. 75/2010 |
|--|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Umidità | % TQ | 46,30 | < 50 |
| pH | unità di pH | 8,60 | 6,00-8,80 |
| Indice di germinazione | % | 93,1 | ≥ 60 |
| Carbonio Organico Totale | % s.s. | 26,52 | > 20 |
| Carbonio umico e fulvico | mg/kg s.s. | 8,42 | > 7,00 |
| Azoto organico / Azoto totale | | 93,18 | > 80 |
| Rapporto C/N | - | 8,60 | < 25 |
| Piombo totale | mg/kg s.s. | < 1 | 140 |
| Cadmio totale | mg/kg s.s. | < 1 | 1,5 |
| Zinco totale | mg/kg s.s. | 294 | 500 |
| Rame totale | mg/kg s.s. | 37,30 | 230 |
| Nichel totale | mg/kg s.s. | 0,84 | 100 |
| Mercurio totale | mg/kg s.s. | < 0,1 | 1,5 |
| Cromo esavalente | mg/kg s.s. | < 0,2 | 0,5 |
| Salmonella spp. | 50 g t.q. | assente | assente |
| Escherichia coli | UFC/g | < 10 | < 1000 |
| Materiali plastici vetro e metalli >2 mm | % s.s. | < 0,01 | < 0,50 |
| Inerti litoidi >5 mm | % s.s. | < 0,01 | < 5,00 |

Tab. 1 – Risultati sulle analisi del compost prodotto nelle cassette di Villanova C.se (prelievo luglio 2020)

Da campagne di analisi effettuate nel passato nel corso del progetto Alcotra C3PO, in collaborazione con la Direzione Ambiente e l'IPLA, si è peraltro osservato che mentre per i principali parametri sanitari (Salmonella ed Escherichia), ambientali (metalli tossici) e agronomici (indice di germinazione) non vi sono grandi problemi a rientrare nei parametri, con rifiuti in ingresso adeguati e processo ben gestito, per altri parametri (soprattutto C, N e loro rapporto) non è sempre facile avere tutti i valori nei limiti del D. Lgs. 75 2010 e s.m.i. Quindi teoricamente sarebbe preferibile (e meno costosa) la procedura autorizzativa del compostaggio di comunità, la quale però nella realtà è difficilmente applicabile, in relazione alla necessità della presenza di un organismo collettivo.

Il compost prodotto è stato in parte utilizzato dagli stessi utenti conferenti, che lo hanno ritirato nel corso di un evento, ed in parte impiegato su aree verdi comunali.

3. Conclusioni

Sotto il profilo tecnico e organizzativo l'operazione di compostaggio locale collettivo di Villanova Canavese si può ritenere riuscita, avendo raggiunto gli obiettivi previsti: tale pratica si è dimostrata concretamente fattibile, a condizione che ci sia un costante ed adeguato presidio, garantito dalla presenza di uno o più referenti locali e l'assistenza periodica di un tecnico. In particolare è opportuno che il referente locale passi a controllare ed aggiungere il materiale ligno celluloso strutturante giornalmente o quasi e verifichi quindi costantemente la situazione, fungendo anche da importante attore della comunicazione verso gli utenti.

Essendo per gli utenti il conferimento del rifiuto organico un po' più scomodo rispetto a quello della raccolta porta a porta, si richiede una motivazione ulteriore oltre a quella ambientale, non sempre sufficiente: in questo caso si è trattato di un'incentivazione tariffaria.

Per una ulteriore semplificazione amministrativa, sarebbe opportuno far rientrare nella fattispecie del compostaggio di comunità anche le iniziative promosse e gestite direttamente dai

Comuni.

Il Consorzio CISA, sulla base di questa e delle altre esperienze condotte, sta continuando la politica di promozione della pratica del compostaggio collettivo statico con cassette in legno sul proprio territorio montano e pedemontano: attualmente è presente una rete di 12 cassette installate ed altre in previsione.

Bibliografia

[1] Regione Piemonte - D.G.R. 3 Novembre 2017, n. 15-5870. “D.lgs 152/2006 e s.m.i. L.R. 24/02 - Approvazione del metodo normalizzato per il calcolo della percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani ai sensi del D.M. 26 maggio 2016....omissis” Bollettino Ufficiale n. 45 del 09 / 11 / 2017.

[2] Attilio Tornavacca, 2011. La tariffazione puntuale premia i cittadini virtuosi. *Ecoscienza* Numero 1 2011.

[3] Giorgio Ghiringhelli, 2014. “Applicazione della tariffa puntuale con sistema Rfid: il caso di successo Comune di Malnate (VA)”. Atti dei seminari di ECOMONDO 2014.

[4] Riccardo Marchesi, Claudia Bianco, Enrico Accotto, 2015. Esperienze di compostaggio di comunità mediante “cassette” in legno. Atti dei seminari di ECOMONDO 2015.

[5] Riccardo Marchesi, Claudia Bianco, Enrico Accotto, 2014. Linee guida per la realizzazione di iniziative di compostaggio di comunità mediante cumuli statici in cassoni o “cassette”. Atti dei seminari di ECOMONDO 2014.

Determinazione dell'Oxygen Uptake Rate su compost e digestati

*Erika Sinisgalli, e.sinisgalli@crpa.it, Nicola Labartino, Mirco Garuti, Sergio Piccinini
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA Lab, Sezione Ambiente ed Energia - Reggio Emilia*

Riassunto

Il presente lavoro si focalizza sull'analisi del tasso di assorbimento di ossigeno (Oxygen Uptake Rate, OUR) di tre categorie di materiali ammendanti: compost, digestato separato solido e lettiera bovina compostata. Sono state effettuate delle correlazioni con il contenuto di sostanza organica, tenendo in considerazione le specifiche chimiche di ciascuna categoria e la tipologia di materia organica da cui sono composte, ed è stata analizzata la cinetica di respirazione di due casi significativi. Lo scopo dell'indagine è quello di approfondire l'utilizzo dell'OUR sia come indicatore di stabilità biologica per le sopracitate categorie di materiali, sia come parametro di controllo del processo di compostaggio.

Summary

This work is focused on the analysis of the oxygen uptake rate (OUR) of three conditioning materials: compost, solid fraction of digestate and composted bovine litter. Correlations with the organic matter content have been made, taking into account the chemical characterization of each category and the organic matter of which they are composed. Additionally, the respiration kinetics of two meaningful cases has been analyzed. The aim of this study is to improve the knowledge regarding OUR either as biological stability indicator for these three categories of material and as composting process control parameter.

1. Introduzione

Il Regolamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019 stabilisce le norme relative alla messa a disposizione sul mercato europeo di prodotti fertilizzanti ottenuti da materiali riciclati o di origine organica allo scopo di sostenere un loro ulteriore impiego. La promozione di un maggiore utilizzo di nutrienti riciclati contribuirebbe ulteriormente allo sviluppo dell'economia circolare e consentirebbe un utilizzo generale dei nutrienti più efficiente sotto il profilo delle risorse, riducendo nel contempo la dipendenza dell'Unione Europea dai nutrienti provenienti da paesi terzi [1].

Un ammendante è un prodotto fertilizzante con la funzione di mantenere e migliorare le proprietà fisico chimiche, la struttura e l'attività biologica del suolo a cui viene aggiunto. Secondo il Regolamento, un prodotto fertilizzante dell'UE deve essere composto esclusivamente da materiali che rispettino le prescrizioni di una o più delle Categorie di materiali costituenti (CMC) e le aziende che lo producono devono dotarsi di procedure per la valutazione della conformità del prodotto e del processo. Tra i parametri utilizzabili elencati, il tasso di respirazione (Oxygen Uptake Rate, OUR) misurato secondo la norma UNI EN 16087-1, viene definito come indicatore del grado di decomposizione della materia organica biodegradabile durante un periodo di tempo determinato. L'OUR può essere quindi utilizzato come criterio di stabilità biologica per materiali appartenenti alle categorie “CMC 3: Compost” e “CMC 5:

Digestato diverso da quello di colture fresche”, analizzate nel presente studio. La velocità di consumo dell’ossigeno, quindi il tasso di respirazione, sarà elevato in presenza composti organici rapidamente biodegradabili, sarà invece lento in presenza di sostanze organiche stabili e di maggiore complessità molecolare. Il criterio di stabilità indicato nel regolamento prevede un valore massimo di $25 \text{ mmol O}_2/\text{kgSV}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Nel presente lavoro è stato analizzato il tasso di assorbimento di ossigeno di tre tipologie di materiale: compost, digestato separato solido e lettiera bovina compostata/effluenti. L’analisi ha permesso di effettuare delle correlazioni con il contenuto di sostanza organica e di valutare la cinetica di respirazione, tenendo in considerazione le specifiche chimiche e la tipologia di materia organica di cui è composta ogni categoria. L’obiettivo dello studio consiste nell’approfondire l’uso di questo parametro sia come indicatore di stabilità biologica del materiale sia come parametro di controllo del processo del compostaggio.

2. Relazione

2.1 Materiali e metodi

Per le valutazioni effettuate nel presente studio, sono state utilizzate le seguenti categorie di matrici:

- campioni di compost in diverse fasi di maturazione;
- campioni di separato solido da digestato derivante da impianti di tipo agro-zootecnico;
- campioni di lettiera compostata (tramite l’aggiunta di strutturanti quali paglia, segatura e fibra di cocco) prelevati presso stalle di bovini da latte o da rimonta e campioni di solido separato da liquame bovino.

I campioni di ciascuna categoria sono stati raggruppati in classi in base al contenuto di solidi volatili, considerando un intervallo di classe del 5% del rapporto SV/ST. Per l’analisi dei dati è stato considerato il valore medio di OUR e del rapporto SV/ST identificati in ciascuna classe. Per la correlazione e il calcolo di R^2 è stato inserito il vincolo per il quale in assenza di sostanza organica si attribuisce un valore di OUR nullo.

L’analisi del tasso di assorbimento di ossigeno (OUR) è stata effettuata secondo la metodica standard UNI EN 16087-1:2020 [2] che descrive la determinazione dell’attività biologica aerobica dei substrati di coltivazione e ammendanti o dei loro costituenti. La procedura prevede la misura della velocità di consumo di ossigeno da parte del materiale in esame sospeso in acqua e posto in un contenitore a chiusura ermetica. La stabilità della sostanza organica può essere determinata solamente quando sono fornite le condizioni ottimali per la degradazione da parte della popolazione batterica e quando la stabilità della sostanza organica stessa è il solo fattore limitante l’attività respiratoria. Il tasso di consumo di ossigeno viene determinato tramite la misurazione della variazione di pressione nello spazio di testa del contenitore. La prova viene eseguita a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e il dato analitico esprime il quantitativo di ossigeno assorbito per chilo di sostanza organica nell’unità di tempo ($\text{mmol O}_2/\text{kgSV}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Il test OUR costituisce quindi un’indicazione del grado di decomposizione aerobica della sostanza organica biodegradabile in un determinato periodo di tempo. In linea generale, a maggiori livelli di stabilità del materiale corrispondono minori livelli di degradazione e quindi valori di OUR più bassi, tuttavia ogni test va interpretato caso per caso e conoscendo possibilmente le condizioni operative e la tipologia dell’impianto di origine.

2.2 Risultati e discussione

Il contenuto di solidi totali del compost ha mostrato un valore compreso tra 367 g/kg e 932

g/kg, con una media di 660 g/kg; nei digestati i valori si attengono tra i 164 g/kg ed i 315 g/kg con un valor medio di 232 g/kg; nelle lettiera tra 290 g/kg e 474 g/kg con una media di 368 g/kg (**Tab. 1**). Il contenuto di solidi totali per il compost è influenzato sia dalla tipologia di materiale da cui ha origine sia dalle modalità in cui vengono svolte le operazioni di compostaggio e trattamento del compost (es. disidratazione), mentre per le altre due categorie di matrici l'efficienza di separazione solido liquida e la tecnica di stabulazione negli allevamenti bovini possono sensibilmente influenzare il contenuto di solidi totali.

Il contenuto di solidi volatili del compost è compreso tra il 40%ST ed il 68%ST con un valor medio del 57%ST. Per quanto riguarda il digestato, i valori si attestano tra un 68%ST ed un 91%ST con una media dell'80%, invece per la lettiera tra il 68%ST ed il 91%ST con una media dell'81%ST. Il rapporto tra solidi volatili e solidi totali nelle categorie di matrici analizzate è in linea con i valori che vengono normalmente riscontrati per questa tipologia di materiali. Quest'ultimo, infatti, nelle fasi finali del processo di compostaggio presenta un contenuto di solidi volatili che si aggira generalmente attorno al 45-55%ST. In una prima fase del processo di compostaggio buona parte del materiale prontamente degradabile viene consumato dai microorganismi aerobi; successivamente altri organismi tipici della fase di maturazione si occupano di degradare lentamente la componente lignocellulosica più recalcitrante.

| | ST (g/kg tq) | | | | SV/ST (%) | | | | OUR (mmolO ₂ kgSV ⁻¹ h ⁻¹) | | | |
|------------------|--------------|-------|-------|---------|-----------|-----|-------|---------|--|-------|-------|---------|
| | Min | Max | Media | Mediana | Min | Max | Media | Mediana | Min | Max | Media | Mediana |
| Compost | 367,1 | 932,0 | 659,8 | 686,2 | 40% | 68% | 57% | 58% | 1,0 | 181,1 | 35,5 | 19,9 |
| Digestato | 164,0 | 314,9 | 231,7 | 239,5 | 68% | 91% | 80% | 82% | 7,3 | 30,7 | 15,2 | 13,4 |
| Lettieria | 290,0 | 473,8 | 367,7 | 353,4 | 68% | 91% | 81% | 82% | 6,5 | 27,2 | 14,6 | 12,3 |

Tab. 1 – Caratterizzazione di compost, digestato separato solido e lettiera bovina compostata/effluenti zootecnici con indicazione di solidi totali (ST), solidi volatili (SV) e tasso di assorbimento di ossigeno (OUR). In tabella è indicato il valore minimo, il massimo, la media e la mediana per ciascuna categoria di materiale (riferimento archivio dati CRPA).

Il tasso di consumo di ossigeno è un parametro che dipende dal quantitativo e dalla tipologia di sostanza organica: sarà elevato in presenza composti organici facilmente biodegradabili e di attività biologica intensa, sarà invece più lento in presenza di sostanze organiche a più elevata complessità molecolare e difficilmente ossidabili. Dal grafico in **Figura 1** è possibile infatti osservare come nella categoria compost, ad un maggiore quantitativo di sostanza organica, rappresentato dal rapporto tra solidi volatili e solidi totali, corrisponda generalmente un valore di OUR maggiore; infatti compost con un contenuto di sostanza organica inferiore, o che si aggiri attorno al 50%, presentano un valore di OUR al di sotto del limite normativo di 25 mmolO₂ kgSV⁻¹ h⁻¹, mentre compost con un contenuto di sostanza organica superiore al 52-55% presentano valori di OUR decisamente più elevati; un alto tasso di consumo di ossigeno caratterizza compost ancora freschi, derivanti da fasi di compostaggio preliminari di un processo non ancora volto al termine.

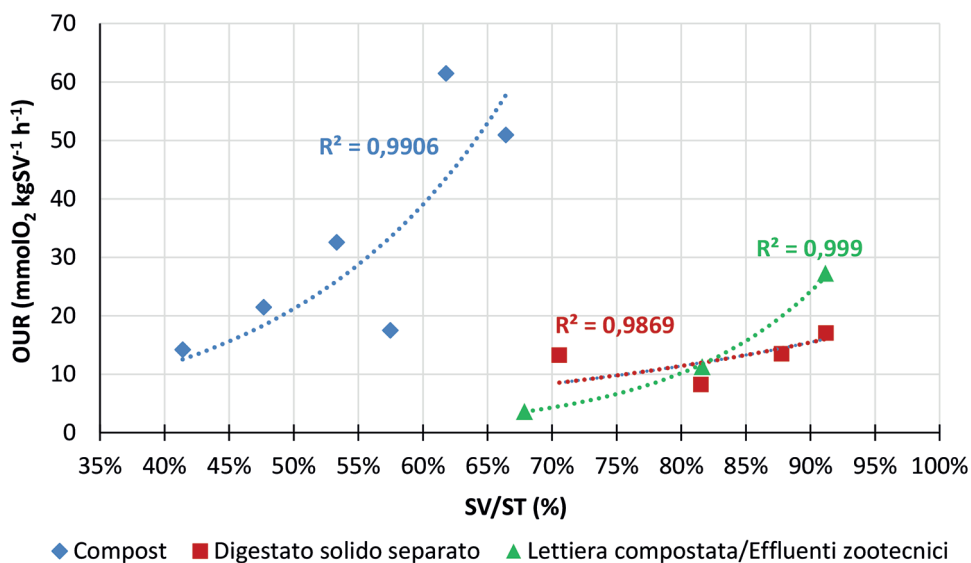


Fig. 1 – Correlazione tra rapporto SV/ST e OUR in compost (blu), digestato (rosso) ed effluenti/letteria compostata (verde) (ST= solidi totali; SV= solidi volatili; OUR= Oxygen Uptake Rate). Ogni categoria di campione è stata suddivisa in classi in base al contenuto di solidi volatili, considerando un intervallo del 5% del rapporto SV/ST. Per l'analisi dei dati viene considerato il valore medio di OUR e del rapporto SV/ST identificato in ciascuna classe. Per la correlazione e il calcolo di R^2 è stato considerato il vincolo per il quale in assenza di sostanza organica si attribuisce un valore di OUR nullo.

Per quanto concerne le categorie digestato separato solido e lettiera compostata/effluenti, esiste anche in questo caso una certa correlazione tra contenuto di solidi volatili e tasso di assorbimento di ossigeno; tuttavia, pur avendo un più elevato quantitativo di sostanza organica rispetto al compost, i valori di OUR di queste due categorie sono mediamente inferiori e si mantengono sempre al di sotto di $20 \text{ mmolO}_2 \text{ kgSV}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (**Figura 1**).

Per lettiera/effluenti la presenza di paglia, segatura, fibra di cocco, fibre indigerite contribuisce ad aumentare il rapporto SV/ST a causa della presenza di lignina in questi materiali; l'attività di consumo di ossigeno procede, di conseguenza, molto lentamente per questi composti lentamente biodegradabili. Per quanto riguarda il digestato separato solido, invece, i valori di OUR mediamente bassi si possono attribuire al fatto che si tratta di un materiale stabilizzato dal processo di digestione anaerobica, nel quale gli acidi organici prontamente degradabili vengono consumati per la produzione di metano, mentre la degradazione della componente lignocellulosica rimanente si manifesta in un lento metabolismo aerobio durante il test [3]. Bisogna inoltre considerare che l'origine e il tipo di digestato possono variare in base all'impianto da cui proviene e da come questo viene alimentato e gestito.

Dal punto di vista cinetico, le incubazioni condotte con la metodologia utilizzata nel presente lavoro mostrano quattro fasi (**Figura 2**) che caratterizzano l'andamento della pressione nel sistema:

- la prima fase consiste in un aumento della pressione interna dovuta alla differenza tra la temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$) e l'incubatore (30°C);
- la seconda fase consiste in un periodo di adattamento dei microrganismi (*lag phase*) al nuovo ambiente rappresentato dall'incubazione; in questa fase il fattore limitante alla degradazione della sostanza organica è la crescita microbica;

- la terza fase è rappresentata dalla degradazione della sostanza organica del campione e dal consumo di ossigeno dovuto alla crescita dei microrganismi aerobi (*growing phase*) in cui la stabilità della matrice organica rimane l'unico fattore limitante;
- la quarta fase è determinata dalla possibile carenza di ossigeno nel sistema, che potrebbe diventare fattore limitante la velocità di degradazione della matrice organica. La quantità di ossigeno nello spazio di testa è limitata e definita dalle dimensioni della bottiglia.

Il calo di pressione e il quantitativo di sostanza organica testati sono i principali parametri per il calcolo dell'OUR, espresso in $\text{mmolO}_2 \text{ kgSV}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Il metodo prevede che al fine di mantenere un ambiente aerobico, l'intervallo di valori di pressione utilmente impiegabili sia ≤ 100 hPa. Prevede anche di non considerare la parte iniziale di dati, e di calcolare l'OUR tipicamente nell'intervallo corrispondente alla terza fase.

In **Figura 2** vengono mostrati due casi cinetici di consumo di ossigeno relative a campioni di compost:

- la curva in rosso rappresenta l'andamento cinetico di un campione di materiale in fase di compostaggio (fresco ed instabile); sono ben visibili le quattro fasi, tuttavia il calo di pressione nella terza fase, inclusa tra le 48 e le 120 h, è brusco e repentino e supera l'intervallo di depressione di 100 hPa;
- la curva in verde rappresenta invece l'andamento cinetico di un campione di compost stabilizzato ed in fase di maturazione avviata, in cui le prime due fasi sono appena percettibili ed in cui il calo di pressione lento e lineare è incluso tra le 48 e le 120 h e non supera i 100 hPa.

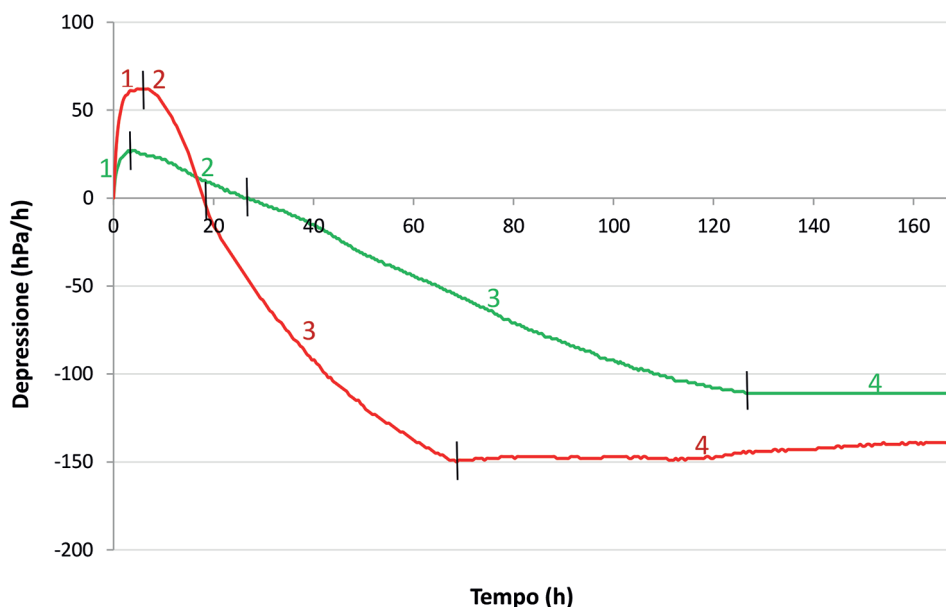


Fig. 2 – Confronto tra curve di degradazione aerobica tipiche di campioni di compost stabilizzati (in verde) e materiale in fase di compostaggio (curva rossa). I tratti in verticale delineano le 4 fasi: 1= aumento di pressione dovuto all'effetto temperatura; 2= fase di adattamento dei microrganismi; 3= fase di crescita microbica; 4= fase limitante (in cui c'è carenza di ossigeno).

Nel caso di campioni di compost particolarmente attivi, è doveroso limitare il quantitativo di sostanza organica per poter eseguire il test; nonostante esista una certa correlazione tra il valore di OUR ed il contenuto di solidi volatili (**Figura 1**), spesso non è possibile stabilire a priori il quantitativo di solidi volatili ottimale con cui avviare il test ed è necessario adattarlo in funzione delle caratteristiche di stabilità di ciascun campione tramite dei test preliminari. Alternativamente è possibile utilizzare delle bottiglie più grandi in grado di garantire un maggiore volume dello spazio di testa.

Dallo studio si evince come il test OUR sia idoneo in particolare per materiali ammendanti e substrati di coltivazione già avviati a processi di respirazione aerobia; quando applicato ad altri materiali, come digestato separato solido o lettiera bovina compostata, le curve cinetiche risultano atipiche e di difficile interpretazione. Presumibilmente, in questi campioni i composti rapidamente degradabili sono già stati consumati in maniera veloce o incompleta, e la degradazione del materiale rimanente è difficoltosa, a causa sia di una crescita più lenta dei microrganismi aerobi [3] che, probabilmente, di una limitata presenza degli stessi nelle matrici di partenza. Le cinetiche in questi casi possono presentare degli aumenti di pressione, delle fasi di stabilità intermedie oppure più fasi lineari, stando ad indicare l'attuarsi di altri processi di degradazione [3].

3. Conclusioni

La presente attività sperimentale ha contribuito all'indagine sull'applicabilità del test OUR (Oxygen Uptake Rate) in tre diverse categorie di matrice: compost, digestato separato solido e lettiera compostata/effluenti. È stata identificata una certa correlazione tra OUR ed il contenuto di solidi volatili differenziata per categoria di matrice. Digestati e lettiere compostate presentano tipicamente un rapporto SV/ST più alto rispetto ai compost, tuttavia i valori di OUR sono minori e le curve di depressione durante lo svolgimento del test presentano un andamento diverso da quello classicamente atteso. La metodica ha confermato di essere particolarmente idonea per ammendanti e substrati di coltivazione; i dati sperimentali supportano l'utilizzo dell'OUR come un parametro di controllo dello stato di maturazione nel processo di compostaggio anche se particolare attenzione va posta sulla granulometria della matrice per poter eseguire il test in modo attendibile.

Bibliografia

- [1] Regolamento (UE) 2019/1009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 giugno 2019, che stabilisce norme relative alla messa a disposizione sul mercato di prodotti fertilizzanti dell'UE, che modifica i regolamenti (CE) n. 1069/2009 e (CE) n. 1107/2009 e che abroga il regolamento (CE) n. 2003/2003
- [2] UNI EN 16087-1:2020; Ammendanti e substrati di coltivazione - Determinazione dell'attività biologica aerobica - Parte 1: Tasso di assorbimento dell'ossigeno (OUR)
- [3] W.H.C. Geuijen and J.B.G.M. Verhagen, Experiences with the OUR Method EN 16087-1: Interpretation of Pressure Curves and Effect of Method Deviations, Galgweg 38, 2691 MG 's-Gravenzande, The Netherlands

PATTERNS IN THE CIRCULAR ECONOMY

IL RUOLO DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE PER LA PREVENZIONE DELLA PRODUZIONE DI RIFIUTI: A CHE PUNTO SIAMO?

Il recepimento nell'ordinamento nazionale del cosiddetto "pacchetto rifiuti" potrebbe rappresentare l'occasione per apportare delle modifiche importanti in materia di rifiuti, di politica ambientale e di economia per il sistema paese. Gli obiettivi generali del recepimento riguardano la semplificazione, il decentramento, la chiarezza e certezza normativa, l'accorpamento delle discipline, la riduzione del ricorso alla decretazione attuativa, la responsabilità della gestione e chiusura del ciclo (riordino competenze). Nonostante la prevenzione sia all'apice della gerarchia dei rifiuti, non esistono stime, né tantomeno rilevazioni puntuali, delle quantità di scarti che vengono valorizzati come sottoprodotti, attraverso la simbiosi industriale.

La sessione pone l'attenzione su casi reali, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, sia in termini di risorse coinvolte, sia in termini economici. Si intende presentare casi di simbiosi industriale del tipo "a rete", relative all'applicazione all'interno di aree, distretti industriali, APEA e reti di imprese.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, SUN**

Presidenti di sessione:

- Laura Cutaia, *ENEA – Presidente SUN - Symbiosis Users Network*
- Andrea Vignali, *Giornalista di Presa Diretta*

Trend recenti negli studi di Simbiosi Industriale: un'analisi bibliometrica dal 2013 al 2020

Andrea Di Renzo andrea.direnzo2@studenti.unich.it, Claudio Gadaleta, Emanuele Lattanzio, Giulia Martinelli, Rossella Rocca Piscivino, Alessandra Tavano
Università degli studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara,
Corso di Laurea in Economia Aziendale percorso Eco-management

Riassunto

Il presente articolo mira a fornire una panoramica quali-quantitativa della più recente produzione scientifica sui temi della Simbiosi Industriale (SI) attraverso un'analisi bibliometrica e dei contenuti, coprendo un arco temporale di sette anni (2013-2020). I risultati ottenuti confermano una progressiva crescita del filone delle SI nella letteratura scientifica degli ultimi anni e denotano un'ulteriore ampliamento, diversificazione e transdisciplinarietà in materia. Emergono inoltre spazi promettenti per ulteriori sviluppi, soprattutto nell'integrazione degli studi di SI con quelli sulla Circular Economy.

Summary

This article aims to provide a quali-quantitative overview of the most recent scientific publications on the theme of Industrial Symbiosis (IS), through a bibliometric and content analysis, covering a period of seven years (2013-2020). The results obtained confirm a progressive growth of the IS field and indicate a further expansion, diversification and transdisciplinarity of the topics covered. There are also promising spaces for further developments, especially in the integration of IS studies with those on Circular Economy.

1. Introduzione

Nell'ormai vasto campo di studi dell'Ecologia Industriale (EI), le c.d. Simbiosi Industriali (SI) - termine con il quale si possono genericamente indicare quegli approcci volti ad una gestione sinergica e collaborativa di flussi materici ed energetici tra varie entità economico-produttive - [1] [2] hanno da sempre svolto un ruolo significativo, tanto da essere per un certo periodo confuse con il concetto stesso di EI [3]. La complessità concettuale, tecnica ed operativa che tipicamente accompagna lo sviluppo di SI ha nel tempo generato una proliferazione di prospettive di studio e di conseguenti metodologie e strumenti di analisi; rassegne periodiche della letteratura diventano pertanto utili strumenti di sistematizzazione e riorganizzazione, in chiave interpretativa, di quanto emerso dagli studi condotti. Traendo ispirazione da uno studio pubblicato nel 2014 [3], avente come riferimento temporale il periodo 1997-2012, il presente articolo mira a fornire una panoramica quali/quantitativa della più recente produzione scientifica sui temi della SI attraverso un'analisi bibliometrica [4], coprendo un arco temporale di circa sette anni (2013-2020). Utilizzando il database scientifico Scopus, attraverso un processo di selezione basato su parole chiave, sono stati individuati 736 articoli che rappresentano la base di riferimento per le analisi condotte. Una prima sintesi prospettica dei

risultati è stata prodotta rielaborando le statistiche descrittive riguardanti numero di pubblicazioni, riviste di riferimento, affiliazioni e paesi di origine degli autori; sono stati inoltre analizzati i principali profili evolutivi e gli argomenti di maggior rilievo, c.d. trends, sintetizzati tramite un grafico “word cloud”.

2. Relazione

2.1 Metodo

Lo studio è stato strutturato in tre fasi: ricerca dei contributi, selezione e rifinitura ed analisi dei risultati. I dati impiegati nello studio sono stati reperiti tramite il database bibliografico Scopus [5]. La scelta del periodo preso in riferimento per il presente elaborato è la conseguenza della precedente analisi dell’articolo su menzionato [3] di cui è stata ricalcata la struttura di review. La ricerca è stata condotta sulla base della parola chiave “*Industrial Symbiosis*”, limitatamente ai campi Title, Keywords e Abstract ed agli anni 2013-2020 ed ha prodotto 759 risultati. Successivamente sono state svolte alcune operazioni di rifinitura manuale che hanno condotto all’eliminazione di 61 contributi (ritenuti poco inerenti a seguito di una analisi di contenuto oppure privi degli elementi strutturali essenziali, ossia abstract, autori, keywords). La revisione di contenuto è stata estesa anche a quei documenti rimasti esclusi dalla funzione di ricerca “virgolettata”, determinando così la reintroduzione di 38 articoli che effettivamente risultano inerenti ai temi della simbiosi industriale. Pertanto, a seguito dei criteri impiegati si è giunti ad ottenere una base di riferimento definitiva composta da 736 risultati, utilizzata per l’elaborazione e la costruzione dei grafici seguenti.

2.2 Risultati

Di seguito vengono presentati i risultati statistici descrittivi relativi ai principali indicatori bibliometrici sviluppabili a partire dal database di riferimento:

- *Pubblicazioni per anno*: da una prima analisi è possibile notare che quasi tutti gli anni considerati registrino un aumento, rispetto al dato dell’anno precedente, del numero di pubblicazioni prodotte, ad eccezione del 2016 in cui vi è un lieve calo e del 2018 nel quale rimangono costanti. Per quanto concerne l’ultimo anno invece tale andamento si riferisce ad un dato parziale poiché il presente studio considera unicamente gli articoli pubblicati fino al primo trimestre 2020. Nel complesso i dati confermerebbero una recente proliferazione di interesse in materia di simbiosi industriale e conseguentemente dei contenuti prodotti (Fig. 1).

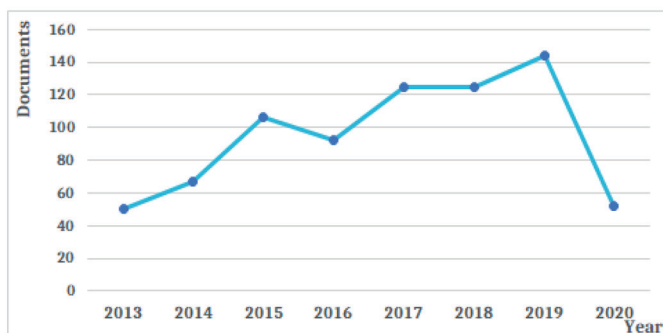


Fig. 1 – Numero di pubblicazioni per anno nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

- *Tipologia di pubblicazione*: l'analisi relativa alle tipologie di documenti evidenzia una molteplicità di categorie tra le quali: article, conference paper, book chapter, review, conference review, editorial, book, note e altri. Tuttavia, è possibile notare che la stragrande maggioranza delle pubblicazioni rientra nelle categorie article e conference paper (rispettivamente con il 65% ed il 20%) coerentemente con la tipologia di canali utilizzati per lo svolgimento della ricerca, ovvero quelli accademici. La tipologia relativa ai documenti di review alla quale il presente elaborato appartiene, pur non rivestendo un ruolo centrale nella produzione letteraria, si caratterizza per un numero significativo di contributi recenti, di cui l'ultimo pubblicato nel 2020 [6] in concomitanza con la seguente analisi bibliometrica (Fig. 2).

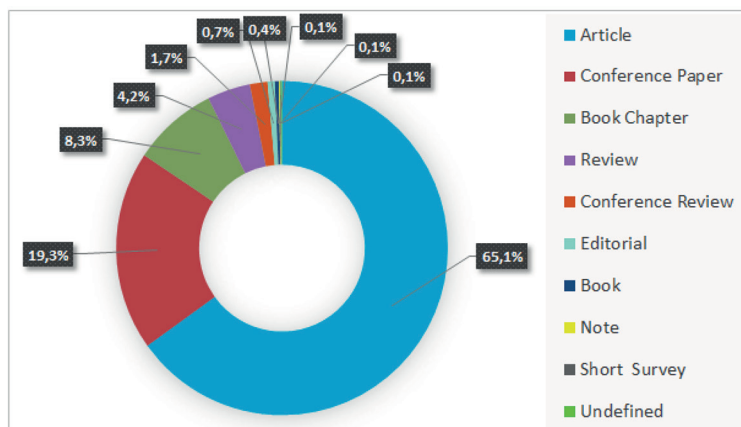


Fig. 2 – Tipologia di pubblicazione nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

- *Area tematica*: il risultato dell'indagine nell'area tematica dimostra che circa un quarto dei contributi IS sono legati al settore delle Scienze Ambientali (24,7%), seguito da Ingegneria (16,6%), Energia (14,1%) e Business, Management and Accountability (11,5%) infine si riscontra la presenza di altre aree tematiche cui corrisponde un numero di contributi inferiore a 100. Inoltre, è presente una categoria residuale "Altro" (circa l'8%) in cui convergono tutte le aree tematiche che presentano un numero di contributi irrisorio a riprova del fatto che la tematica IS è un campo multidisciplinare (Fig. 3).

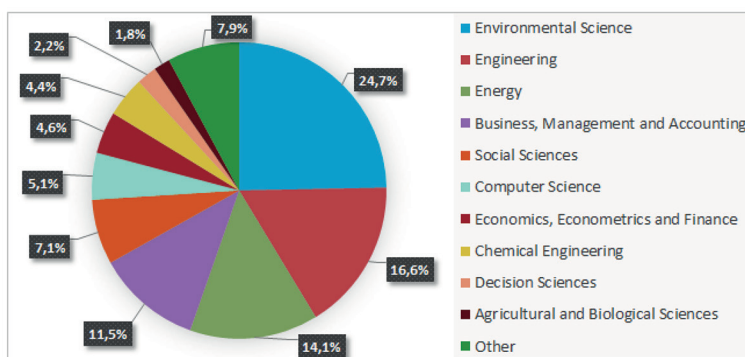


Fig. 3 – Area tematica nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

- *Publicazioni per autori*: il successivo grafico a barre (Fig. 4) rappresenta la distribuzione quantitativa delle pubblicazioni dei 10 autori maggiormente attivi nel periodo di riferimento del presente studio. Inoltre affiancando tale grafico con quello relativo all'origine geografica (di seguito riportato), si conferma l'importante contributo apportato da studi italiani e cinesi in ambito di SI, e si manifesta la crescente diffusione dell'interesse rivolto alle suddette tematiche da parte di ricercatori provenienti da Paesi emergenti, quali ad esempio le Filippine e la Corea del Sud, alla luce del potenziale di sviluppo industriale, economico e sociale derivante dall'integrazione di soluzioni simbiotiche.

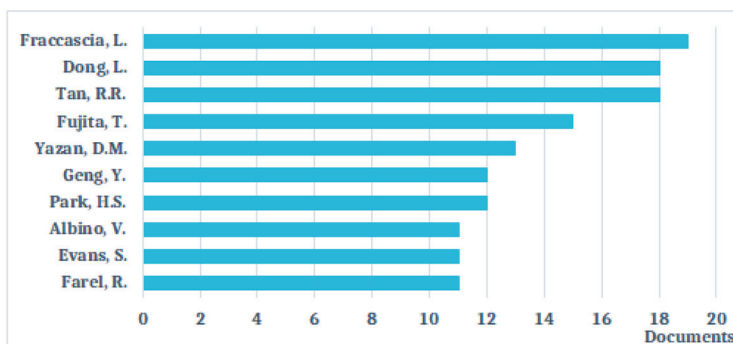


Fig. 4 – Pubblicazioni per autori nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

- *Publicazioni all'anno per fonte*: gli articoli in esame sono stati raccolti da più di 100 fonti differenti tra cui, come già riportato, maggiormente riviste, libri e atti di convegni. In particolare, le 10 riviste con il maggior numero di pubblicazioni risultano *Journal of Cleaner Production* con 138 articoli, seguito da *Journal of Industrial Ecology* con 42, *Resources Conservation and Recycling* con 36, *Sustainability* con 35, *Procedia CIRP* con 19, *Procedia Environmental Science Engineering and Management* con 17, *Computer Aided Chemical Engineering* con 16, *Chemical Engineering Transactions* con 13, ed infine *Shengtai Xuebao Acta Ecologica Sinica* e *Smart Innovation Systems and Technologies* entrambi con 11 (Fig. 5).

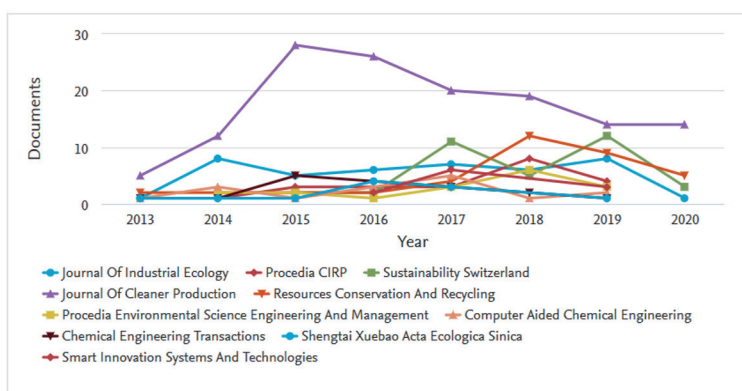


Fig. 5 – Pubblicazioni all'anno per fonte nel periodo considerato (Fonte: Scopus database, 2020)

- *Publicazioni per Paese e per affiliazione*: come precedentemente commentato nell'analisi della distribuzione delle pubblicazioni per autore, il grafico relativo alla provenienza geo-

grafica denota una netta prevalenza di contributi di origine cinese ed italiana, nonostante la distribuzione sia relativamente omogenea per quanto riguarda il resto del mondo, tra paesi sviluppati ed in via di sviluppo (Fig. 6). Tuttavia, il grafico relativo alle affiliazioni presenta un'apparente contraddizione rispetto a quanto appena affermato: l'elenco non mostra una evidente predominanza di istituti italiani e cinesi ma, al contrario, evidenzia una eterogeneità nella provenienza degli articoli tra l'intero continente asiatico e quello europeo, probabilmente dovuta all'esistenza di collaborazioni internazionali tra studiosi di università ed enti di ricerca differenti (Fig. 7).

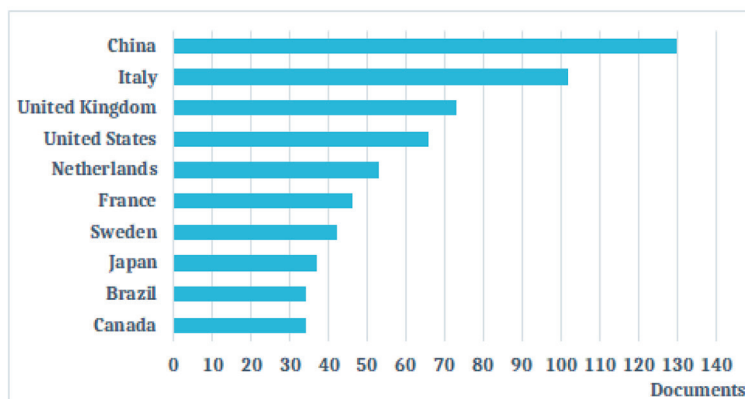


Fig. 6 – Pubblicazioni per Paese nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

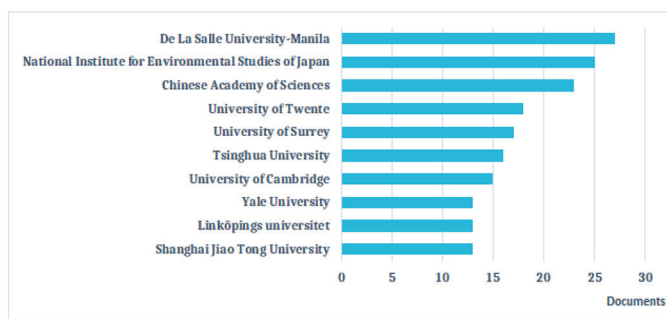


Fig. 7 – Pubblicazioni per affiliazione nel periodo considerato (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

Successivamente, le keywords riferite agli articoli analizzati sono state impiegate per la realizzazione di una c.d. “word cloud” (Fig. 8), schema grafico che associa la frequenza/ricorrenza di determinati termini di un testo alla loro dimensione [7]. Le parole chiave ritenute troppo affini alla tematica della SI - “Industrial Symbiosis (IS)”, “Industrial Ecology (IE)” e “Eco-Industrial Park (EIP)” - sono state escluse per evitare ridondanze, analogamente per le keywords “Circular Economy (CE)” e “Sustainability” ritenute troppo generiche; quelle aventi frequenza pari a 1 non sono state invece considerate per consentire una visualizzazione più agevole della word cloud. In conseguenza dell’applicazione dei filtri appena descritti, le parole chiave più ricorrenti risultano essere: “Life Cycle Assessment (LCA)”, “Waste Management”, “China”, “Optimization” e “Recycling”. Le parole chiave estrapolate dagli articoli analizzati sono state successivamente raggruppate, per omogeneità di significato, in una serie di macro-trends principali, che tuttavia confermano i risultati dalla word cloud. Spicca infatti

tra tutti il cluster relativo alla metodologia LCA, costituito da circa 10 differenti keywords ad esso direttamente riconducibili, nel quale si individuano circa 40 pubblicazioni. Tra le altre “sotto-tematiche” significative si confermano inoltre quelle legate a “Waste Management” e “Recycling”.



Fig. 8 – Ricorrenza delle keywords (Fonte: rielaborazione da Scopus database, 2020)

3. Conclusioni

La presente review della letteratura ha cercato di mettere in evidenza l’andamento degli studi condotti sulla SI negli ultimi anni. I dati bibliometrici presi in considerazione mostrano chiaramente come, stando al numero di pubblicazioni per anno, il filone di ricerca sia in costante crescita; si manifestano inoltre una continua evoluzione nei campi di ricerca e un allargamento a livello globale dell’interesse in materia, confermato altresì dall’eterogeneità della provenienza delle relative pubblicazioni. Nei futuri sviluppi dello studio sarà presa in considerazione una analisi di contenuto, principalmente finalizzata all’investigazione di aspetti metodologici ed applicativi.

Bibliografia

- [1] Chertow M. R., 2000. “Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy.” *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 313-337.
- [2] Jelinski L. W., Graedel T. E., Laudise R. A., McCall D. W., Patel C. K. N., 1992. “Industrial Ecology: Concepts and Approaches.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89 (3): 793-797.
- [3] Yu C., Davis C., Dijkema G. P. J., 2014. “Understanding the Evolution of Industrial Symbiosis Research: A Bibliometric and Network Analysis (1997-2012).” *Journal of Industrial Ecology* 18 (2): 280-293.
- [4] Taddeo R., Simboli A., Di Vincenzo F., Ioppolo G., 2019. “A Bibliometric and Network Analysis of Lean and Clean(Er) Production Research (1990/2017).” *Science of the Total Environment* 653: 765-775.
- [5] Elsevier, 2020. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content> (last accessed 7 July 2020).
- [6] Neves A., Godina R., Azevedo S. G., Matias J. C. O., 2020. “A Comprehensive Review of Industrial Symbiosis.” *Journal of Cleaner Production* 247.
- [7] DePaolo C.A., Wilkinson K., 2014. “Get Your Head into the Clouds: Using Word Clouds for Analyzing Qualitative Assessment Data.” *TechTrends* 58 (3): 38-44.

Recupero del fosforo nel trattamento delle acque reflue

*Sonia Mattia sma@tbf.ch, Antonio Castorini
TBF+Partner AG, Lugano (Svizzera)*

Riassunto

Il fosforo è indispensabile per l'agricoltura, in quanto materia prima per la produzione di fertilizzanti, ma è anche una risorsa critica poiché non rinnovabile e destinata ad esaurirsi. Le autorità del Canton Ticino, al fine di rispettare l'obbligo legislativo per il recupero del fosforo dai rifiuti ricchi di tale sostanza, hanno dato avvio ad un tavolo di lavoro con i responsabili degli impianti di depurazione ticinesi nell'intento di individuare una soluzione condivisa. È stato pertanto condotto uno studio che ha approfondito alcuni potenziali scenari, applicabili alla situazione ticinese, combinati con le tre tecnologie ritenute più interessanti. Dallo studio emerge che le tecnologie di estrazione del fosforo dai fanghi umidi presentano, allo stato attuale, soltanto impianti pilota o in piccola scala. Più avanzato invece è lo stato dei processi di estrazione del fosforo dalle ceneri dei fanghi, dove un primo impianto su scala industriale è previsto entrare in funzione nei prossimi anni.

Summary

Phosphorus is indispensable for agriculture, as a raw material for the production of fertilizers, but it is also a critical resource because it is non-renewable and destined to run out. The authorities of the Canton of Ticino, in order to comply with the legislative obligation to recover phosphorous from waste rich in this substance, have started a working group with the supervisors of the Ticino waste water treatment plants in order to identify a shared solution. It has therefore been carried out a study that has investigated some potential scenarios, applicable to the situation in Ticino, combined with the three technologies considered most interesting. The study shows that phosphorous extraction technologies from wet sludge have, at present, only pilot- or small-scale plants. More advanced, on the other hand, is the state of phosphorous extraction processes from sludge ash, where a first plant on a large-scale is expected to come into operation in the next few years.

1. Introduzione

In Svizzera, secondo la nuova Ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti (OPSR), che fa riferimento alla Legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), il fosforo contenuto nelle acque di scarico comunali, nei fanghi di depurazione provenienti dagli impianti centrali di depurazione delle acque di scarico o dalle ceneri risultanti dal trattamento termico di tali fanghi di depurazione dovrà essere recuperato e riciclato a partire dal 1° gennaio 2026. La medesima ordinanza prevede che siano i Cantoni a pianificare e coordinare l'implementazione di quanto sopra.

Le autorità competenti per il Canton Ticino hanno quindi dato avvio a un tavolo di lavoro con i responsabili degli impianti di depurazione ticinesi e del termovalorizzatore cantonale, con l'intento di definire una strategia condivisa. Il gruppo di lavoro aveva individuato alcuni scenari e tecnologie possibili da analizzare più in dettaglio onde disporre di elementi oggettivi più solidi in vista di una decisione sulla strategia da adottare.

Oggetto dello studio è stato quindi l'esame di detti scenari e tecnologie, considerando vantaggi e svantaggi e confrontandoli tramite un metodo di valutazione multicriteria.

2. Relazione

2.1 Situazione attuale del Canton Ticino

Attualmente in Ticino quasi tutti i fanghi provenienti dagli impianti di depurazione vengono inviati all'impianto di termovalorizzazione di Giubiasco (ICTR), dove avviene la loro co-combustione con gli RSU. I fanghi degli impianti di Foce Maggia e Foce Ticino vengono invece inviati all'impianto di essiccamento presente presso il depuratore di Foce Ticino, dal quale escono con un tenore di materia secca pari al 94% e vengono utilizzati quale combustibile dai cementifici. Nel caso in cui si volesse mantenere tale filiera di smaltimento dei fanghi, il fosforo dovrà essere recuperato a monte del trattamento termico per non essere perso in modo irreversibile. Se per contro non si interverrà sui singoli impianti di depurazione, un recupero di fosforo sarà possibile a partire dalle ceneri derivanti dall'incenerimento dei fanghi, a condizione che la combustione avvenga in un impianto di mono-incenerimento.

2.2 Dati di base

Gli impianti di depurazione considerati nello studio sono costituiti da quelli con capacità superiore ai 200 AE.

Tutti gli impianti considerati presentano uno stadio di abbattimento del fosforo. Esso è quasi sempre di tipo chimico, con utilizzo di sali di alluminio, eccezion fatta per gli impianti di Foce Maggia e Foce Ticino, dove viene utilizzato un processo ibrido: BIO-P coadiuvato da precipitazione con sali di ferro.

Nella seguente tabella vengono illustrati i dati di base considerati nello studio (si fa presente che i dati degli impianti che già attualmente non conferiscono i propri fanghi direttamente al termovalorizzatore di Giubiasco bensì a un secondo impianto di depurazione, sono inclusi in questi ultimi):

| Impianto | Abbattimento P in linea acque | Produzione fanghi [t/a, 25% SS] | Portata refluo [m³/a] | P _{tot} rimosso dal refluo e trasferito nel fango [t/a] |
|--|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| Airolo | chimico | 184 | 490'429 | 1.60 |
| Barbengo | chimico | 906 | 1'871'223 | 8.88 |
| Biasca | chimico | 765 | 1'520'716 | 7.34 |
| Bioggio | chimico | 7'172 | 20'112'753 | 58.7 |
| Croglio | chimico | 757 | 1'941'865 | 5.55 |
| Foce Maggia + Foce Ticino | bio-chimico | 5'609 | 11'405'258 | 45.6 |
| Giubiasco | chimico | 3'573 | 6'698'417 | 30.8 |
| Olivone | chimico | 109 | 94'848 | 0.400 |
| Rancate | chimico | 2'003 | 5'949'221 | 24.1 |
| Vacallo | chimico | 1'454 | 5'846'283 | 13.1 |
| Varenzo | chimico | 37 | 337'828 | 0.600 |
| Lostallo / S. Bernardino (canton Grigioni) | chimico | 82 | 500'000 (*) | 1.63 (*) |

Tab. 1 – Dati di base, anno 2018 [fonti: URSI, SPAAS]

(*): valori stimati in assenza di dati

2.3 Tecnologie analizzate

Le autorità competenti, insieme ai gestori, hanno individuato tre tecnologie possibili da analizzare più in dettaglio onde disporre di elementi oggettivi più solidi in vista di una decisione sulla strategia da adottare:

- Processo Budenheim ExtraPhos®
- Processo TerraNova Ultra®
- Processo TetraPhos®

Il processo **Budenheim ExtraPhos®** è un processo per il recupero del fosforo dai fanghi digeriti mediante acido carbonico. Il processo può essere approssimativamente suddiviso in tre fasi: estrazione del fosforo mediante biossido di carbonio, separazione solido/liquido e precipitazione del fosfato. Per l'estrazione, la sospensione di fango/acqua viene aerata con biossido di carbonio in pressione a circa 10 bar. Con questo trattamento, il biossido di carbonio nella fase liquida diventa acido carbonico, il pH scende e circa il 50% dei fosfati legati alla matrice dei fanghi di depurazione viene disciolto. Nella successiva separazione solido/liquido, le particelle di fango vengono separate dalla fase liquida, utilizzando coagulanti per la disidratazione dei fanghi di depurazione. Il rimanente fango disidratato può essere utilizzato per un ulteriore riciclo. Quando la pressione viene rilasciata, l'anidride carbonica utilizzata per abbassare il valore del pH fuoriesce dalla parte liquida e viene catturata, condensata e riciclata per essere riutilizzata nel processo. La parte liquida del fango viene introdotta nel terzo stadio del processo, la precipitazione del fosfato mediante calce, in cui i fosfati disciolti vengono precipitati come idrogenofosfato di calcio. Dopo la separazione, l'essiccazione e la granulazione, i fosfati di calcio possono essere utilizzati come fertilizzanti [1].

Il processo **TerraNova Ultra®** non è un vero processo di recupero di fosforo ma un processo di essiccamento dei fanghi di depurazione con un modulo opzionale di recupero del fosforo. I fanghi di depurazione vengono carbonizzati idrotermicamente in poche ore ad una temperatura di circa 200°C e ad una pressione di 20 - 35 bar, con l'esclusione dell'aria e l'aggiunta di un catalizzatore. La sospensione di carbonio risultante viene successivamente acidificata a un pH < 2 con acido solforico, il che si traduce in un trasferimento del fosforo nella fase liquida fino all'80% di quello contenuto nei fanghi. La sospensione viene quindi disidratata meccanicamente fino a un tenore di sostanza secca del 65%, producendo un carbone rigenerativo a basso fosforo. Questo combustibile, a differenza dei fanghi di depurazione, contiene pochissima acqua e un alto contenuto energetico. Vi è infine una fase opzionale di essiccamento del fango al 90% di sostanza secca (SS). Nella fase opzionale di recupero del fosforo, viene dosato idrossido di silicato di calcio granulare (CSH) al filtrato che viene prodotto durante la fase di disidratazione del fango. Il fosforo disciolto si adsorbe sui granuli di CSH e viene successivamente separato in un'ulteriore fase di disidratazione. Il fosforo, presente come idrato silicato di CaP, può essere utilizzato come fertilizzante organico ad alte prestazioni [2].

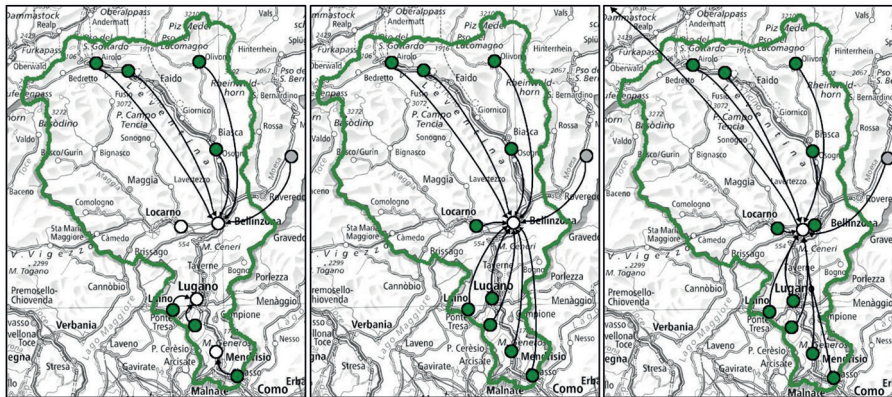
Attraverso il processo **TetraPhos®** di Remondis, il fosforo sotto forma di acido fosforico viene recuperato dalle ceneri dei fanghi di depurazione prodotte da un monoincenerimento. A tale scopo, la cenere viene mineralizzata mediante acido fosforico riciccolato. Dopo diverse fasi di purificazione, il prodotto finale è acido fosforico al 75%, il cosiddetto RePacid®. Con l'acido fosforico RePacid® estratto, attraverso una gestione ciclica possono essere trattate nuove ceneri. Altri sottoprodotti sono gesso commercializzabile e sali metallici, che possono essere utilizzati come precipitanti negli impianti di trattamento delle acque reflue. La cenere residua viene invece smaltita [3].

2.4 Analisi scenari

Gli scenari identificati dal gruppo di lavoro sono stati i seguenti:

- Scenario 1: impianti singoli per il recupero del fosforo dai fanghi liquidi presso 4 impianti;

- Scenario 2: unico impianto centralizzato per il recupero del fosforo dai fanghi liquidi;
- Scenario 3: impianto di mono-incenerimento presso l'ICTR e recupero del fosforo dalle ceneri in un impianto realizzato a livello intercantonale.



Legenda:

- Impianto di depurazione
- Impianti Lostallo e S. Bernardino (C. Grigioni)
- Impianto di depurazione + impianto di recupero P

Fig. 1 – Scenari 1, 2 e 3 – rappresentazione grafica

Per quanto riguarda gli scenari 1 e 2, si considera che i fanghi a valle del trattamento di recupero del fosforo verranno tutti conferiti all'ICTR per la co-combustione con gli RSU. Per quanto riguarda lo scenario 3, sono stati considerati i costi di trasporto e conferimento delle ceneri ad un ipotetico impianto centralizzato di recupero fosforo nel Canton Soletta. Inoltre, sono stati considerati i costi per la realizzazione della linea di mono-incenerimento presso ICTR.

Lo **Scenario 1** prevede quindi una movimentazione dei fanghi dai vari depuratori dislocati sul territorio ticinese verso 4 impianti, individuati come sedi idonee per il posizionamento degli impianti di recupero del fosforo.

Sulla base dei dati dei 4 depuratori scelti per ospitare gli impianti di recupero fosforo e degli impianti a loro conferenti, per lo Scenario 1 sono state ipotizzate 3 taglie di impianto (4'500 t/a, 6'000 t/a e 9'000 t/a, fango al 25% SS).

I principali vantaggi della tecnologia **Budenheim ExtraPhos®** sono risultati costi realizzativi non elevati (o quantomeno stimabili tali), semplicità di processo e di gestione, ingombri ridotti. I suoi principali svantaggi sono invece una resa di recupero bassa e una maturità tecnologica insufficiente che porta ad avere incertezza su molti dati. Inoltre, l'iniziale vantaggio individuato nell'aver un consumo di reagenti chimici inferiore rispetto agli altri processi si è dimostrato venir meno in presenza di fanghi provenienti da depuratori con abbattimento del fosforo di tipo chimico e non biologico: in questi casi, infatti, la CO₂ è risultata insufficiente a disciogliere i fosfati legati alla matrice dei fanghi, rendendo necessario l'utilizzo di acidi aggiuntivi più forti quali l'acido solforico.

I principali vantaggi della tecnologia **TerraNova Ultra®** sono risultati una maggior resa di recupero rispetto al processo Budenheim ExtraPhos®, una maturità tecnologica ancora non completamente a larga scala ma comunque superiore a quella del processo di Budenheim, e soprattutto una forte diminuzione del materiale da conferire all'incenerimento. Nonostante comporti costi di realizzazione maggiori, grazie ai risparmi nei trasporti e nello smaltimen-

to del prodotto carbonizzato i costi specifici di smaltimento sono risultati inferiori a quelli del processo Budenheim ExtraPhos®. Si tratta per contro di un processo più complesso dal profilo dell'esercizio; inoltre l'effluente prodotto dalla carbonizzazione idrotermale contiene COD difficilmente degradabile: immetterlo all'ingresso di un depuratore può costituire un sovraccarico importante, che deve essere valutato caso per caso.

Lo **scenario 2** prevede un unico impianto di recupero del fosforo dai fanghi di depurazione, centralizzato per tutti i depuratori del Ticino. Il suo posizionamento è stato individuato nel territorio di Giubiasco, al fine di minimizzare gli spostamenti dei fanghi che dopo il recupero del fosforo dovranno essere smaltiti nel termovalorizzatore:

Per lo Scenario 2, si è ipotizzata una taglia di impianto di 23'000 t/a (fango al 25% di SS).

Per quanto riguarda la tecnologia **Budenheim ExtraPhos®**, a parte le caratteristiche relative al processo stesso, esposte nel precedente scenario 1, il fatto di realizzare un impianto centralizzato comporta una semplificazione gestionale e impiantistica (un solo impianto anziché quattro) e conseguentemente costi di realizzazione complessivi inferiori. Vi sono per contro solo lievi vantaggi dal profilo dei costi annui, rimanendo le voci di costo più importanti, ossia consumi ed energia, smaltimento fanghi all'ICTR e trasporti praticamente invariati.

Con la centralizzazione del processo **TerraNova Ultra®** si hanno i medesimi vantaggi rilevati per il caso del processo Budenheim, ossia che con un solo impianto anziché quattro la gestione complessiva si semplifica. Rispetto allo scenario decentralizzato si perde per contro il vantaggio della diminuzione dei trasporti, poiché tutti i fanghi disidratati devono dapprima essere trasportati a Giubiasco, mentre il prodotto carbonizzato è praticamente già presso l'ICTR. I costi di costruzione diminuiscono nel complesso notevolmente rispetto alla soluzione decentralizzata, ciò che si ripercuote positivamente sui costi specifici di smaltimento. Gli svantaggi di questa soluzione sono essenzialmente due. Da una parte il problema dei reflui di tale processo, che molto carichi in COD e tutti concentrati sull'impianto di Giubiasco, difficilmente saranno trattabili senza un incremento della capacità dello stesso. Dall'altra la superficie necessaria per ospitare l'impianto centralizzato non è facilmente individuabile sui sedimenti del depuratore e dell'ICTR.

Lo **scenario 3**, dedicato al processo **TetraPhos®**, prevede la realizzazione di una linea di mono-incenerimento presso l'ICTR. Il recupero di fosforo dalle ceneri di combustione dei fanghi verrà poi effettuato in un apposito impianto, che si presume verrà realizzato a livello intercantonale.

Per questo Scenario si è ipotizzata una linea di mono-incenerimento da circa 25'000 t/a (fango al 25% di SS).

Riassumendo, i principali vantaggi di questo scenario sono una resa di recupero alta, una maturità tecnologica più elevata rispetto alle tecnologie di recupero del fosforo dai fanghi e una qualità del prodotto finale di fosforo recuperato molto buono. Nonostante gli elevati costi d'investimento, con questo scenario si otterrebbero costi di smaltimento specificamente inferiori agli altri scenari.

Nella seguente tabella si riassumono i principali parametri di confronto tra gli scenari considerati:

| Parametro | Scenario 1 B. ExtraPhos® | Scenario 1 T. Ultra® | Scenario 2 B. ExtraPhos® | Scenario 2 T. Ultra® | Scenario 3 |
|--|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|-------------|
| P ₂ O ₅ recuperabile | ridotto | moderato | ridotto | moderato | elevato |
| Costo specifico | molto alto | alto | molto alto | medio-basso | medio-basso |
| Grado di maturità della tecnologia | basso | medio-basso | basso | medio-basso | medio-alto |
| Impatto sui depuratori con impianto recupero P | basso | alto carico COD | basso | problemi di spazio; alto carico COD | nullo |

Tab. 2 – Tabella riassuntiva

3. Conclusioni

Dalle analisi condotte e precedentemente esposte emerge che, in linea generale, i processi di recupero del fosforo non hanno ancora raggiunto una sufficiente maturità tecnica e di conseguenza i risultati ottenuti sono da considerarsi indicativi e con un grado di precisione forzatamente limitato.

Questo vale soprattutto per le tecnologie di estrazione del fosforo dai fanghi umidi, per i quali vi sono allo stato attuale soltanto impianti pilota o in piccola scala.

Più avanzato è lo stato dei processi di estrazione del fosforo dalle ceneri derivanti dalla combustione dei fanghi, dove un primo impianto su scala industriale è previsto entrare in funzione nei prossimi uno-due anni.

L'incenerimento separato dei fanghi in un forno a letto fluido, premessa necessaria per la successiva estrazione del fosforo dalle ceneri, è per contro una tecnologia ampiamente collaudata. In linea generale sembra emergere che le soluzioni con impianti centralizzati siano economicamente più vantaggiose di quelle decentralizzate. Esse comporterebbero inoltre vantaggi operativi, con un solo grosso impianto gestito centralmente, lasciando la situazione nei depuratori immutata e conseguentemente non appesantendo l'esercizio dei singoli impianti di depurazione.

Le due soluzioni che, a una prima stima, presentano i costi specifici di trattamento dei fanghi più bassi sono il Terranova Ultra® centralizzato e il forno a letto fluido con il TetraPhos®. La prima soluzione presenta tuttavia ancora alcuni aspetti tecnici critici che necessitano conferme.

Per poter confrontare compiutamente le varie soluzioni e giungere a una conclusione basata su dati solidi è necessario attendere ancora alcuni anni, lasciando il tempo alle tecnologie di svilupparsi e affermarsi tecnicamente e operativamente. Per questo motivo, il termine del 2026 potrà essere difficilmente rispettato non solo in Ticino ma anche nella maggior parte degli altri cantoni svizzeri.

L'unico scenario che attualmente consentirebbe di rispettare il termine del 2026 è lo scenario 3, tramite l'avvio immediato della progettazione di una linea di mono-incenerimento e la predisposizione di un sito di stoccaggio intermedio delle ceneri qualora l'impianto centralizzato di estrazione del fosforo non fosse ancora disponibile.

Bibliografia

- [1]: Sito internet e informazioni dirette inviate dalla società Chemische Fabrik Budenheim KG
- [2]: Sito internet e informazioni dirette inviate dalla società TerraNova Energy GmbH
- [3]: Sito internet e informazioni dirette inviate dalla società Remondis SE & Co. KG

WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION

APPROVVIGIONAMENTO IDRICO SOSTENIBILE E RESILIENTE IN AGRICOLTURA: IL RUOLO DELLE GRANDI INFRASTRUTTURE IDRICHE E DEL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE

I sistemi di approvvigionamento idrico agricolo svolgono un ruolo fondamentale nel garantire la sicurezza alimentare, la salute umana, la crescita economica e diversi valori aggiunti di ecosistemi. D'altro canto, l'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di acqua influenza sempre più negativamente l'agricoltura irrigua, che rappresenta oltre il 50% dei consumi idrici italiani (circa il 70% a livello mediterraneo). Gli eventi di siccità e i periodi di carenza idrica sono ancora più frequenti, con evidenti crolli economici, sociali e ambientali. Per far fronte a questo grande problema, lo sfruttamento combinato e ottimizzato delle principali infrastrutture idriche (come dighe, bacini idrici, grandi acquedotti), insieme a pratiche sostenibili di gestione delle risorse idriche (ad es. irrigazione intelligente / precisa) e al riutilizzo sicuro di acque non convenzionali (vale a dire, acque reflue trattate) deve essere realizzato nell'ambito di una pianificazione idrica integrata.

La sessione affronta questi problemi presentando politiche e strumenti aggiornati, casi di studio, conoscenze e soluzioni.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, ANBI, H2020 DWC Consortium, H2020 SWAMP Consortium**

Presidenti di sessione:

- Attilio Toscano, *Università di Bologna*
- Luca Lucentini, *Istituto Superiore di Sanità*

Implementing a predictive model for sustainable water management: a case study in Apulia

*Cappelletti Giulio Mario** giulio.cappelletti@unifg.it

Russo Carlo*, Nicoletti Giuseppe Martino*

*Dipartimento di Economia, Management e Territorio (DEMeT) - Università di Foggia
Via Caggese, 1 - 71121 Foggia (Italy)

Summary

The solution of the problem of the water scarcity in Apulia region (South Italy) is a major challenge, which requires political bodies and public and private management bodies need to introduce sustainability principles and circular economy in the analysis of this issue usually only dealt with in the search for new sources of supply or wastewater recovery. This paper presents a predictive model of water resource management based on Life Cycle Assessment approaches and water footprint in order to analysing the water stress in a given time for a given geographical area and differentiating by type of use (drinking, agricultural, industrial). The GIDRIS - Sustainable Water Management project represents the application of this model to the case study of the Apulia Region. The results will be made accessible interactively with open access interactively using the web platform www.apulianws.it. Public and private operators at regional and local level can use this database.

Riassunto

La soluzione del problema della scarsità idrica in Puglia è una grande sfida, che richiede agli organi politici e agli enti gestori pubblici e privati la necessità di introdurre principi di sostenibilità ed economia circolare nell'analisi di questo tema solitamente affrontato solo nella ricerca di nuove fonti fornitura o recupero delle acque reflue. Questo lavoro presenta un modello predittivo di gestione delle risorse idriche basato su approcci di Life Cycle Assessment e Water Footprint al fine di analizzare lo stress idrico in un dato momento per una data area geografica e differenziarlo per tipologia di utilizzo (potabile, agricolo, industriale). Il progetto GIDRIS - Sustainable Water Management rappresenta l'applicazione di questo modello al caso studio pugliese. I risultati saranno resi accessibili in modo interattivo con accesso aperto in modo interattivo utilizzando la piattaforma web www.apulianws.it. Questo database può essere utilizzato da operatori pubblici e privati a livello regionale e locale.

1. Introduction

Nowadays the problem of water management is of fundamental importance on a global level. This is more evident in regions such as the Mediterranean where there remain long periods of summer drought, and a high dependence on external sources of supply, conditions that may generate difficulties from which we must not be caught unprepared [1]. To answer this need that has more and more serious connotations of an emergency many instruments were put in place at the methodological level to determine the “water profile” of a product,

organization or geographical area and the determination of mapping tools at global and local level [2-5]. Figure 1 shows, by way of example, an attempt to graphically elaborate the water risk obtained as an aggregation of a series of indicators that take into account both the environmental aspects (water scarcity and water pollution) and the economic and social consequences (emigration, social tensions, etc.) [6]. All public and private stakeholders at the local level must aim a further effort at determining site-specific data and organizing such data in order to allow its exploitation. Starting from these considerations, this paper proposes the development of a dashboard of indicators based on the calculation method of the Water Footprint (WF) and water stress (SI) applied to a specific case of southern Italy (Apulia Region). The goal is to arrive at the determination of a communication tool and a decision supporting system capable of transferring hydrological data information into intuitive indicators of water-related risks.

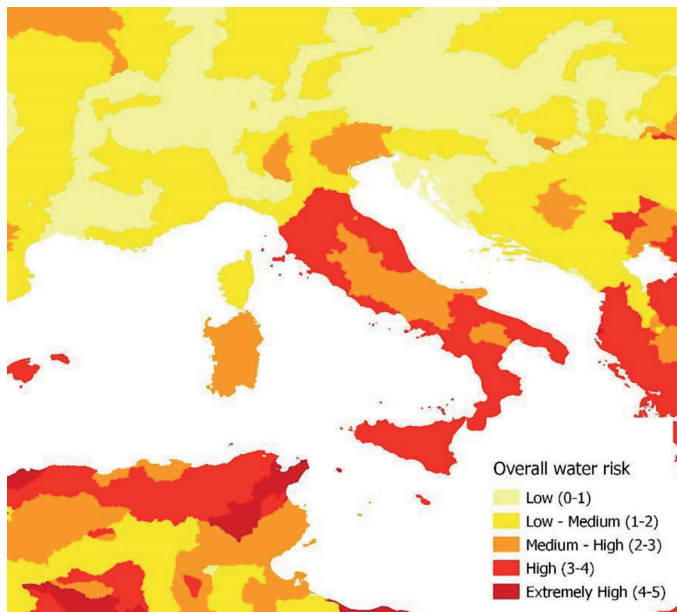


Fig. 1 – Italian water risk according to ACQUEDUCT 3.0 (annual average) [7]

2. Methods

The mapping of hydrological data and, therefore, the monitoring of water scarcity conditions are based fundamentally on a detection system and updating of data on water requirements and availability, and instant system processing of the same based on the calculation of the Water Footprint methodologies and on the valuation methodologies of impacts associated with the use of water in optical Life Cycle impact assessment [3, 4, 8-11]. This approach has been previously analysed in a three-year research project funded by the Apulia Region under the “Future in research” program whose first results were published in the www.apulianws.it platform. [1].

The hydrological data collected refer to the pluviometry hydrological bulletins for Civil Protection service of Apulia Region [12], data on reservoirs and supplies of drinking water from the Apulian Aqueduct [13], to the data on water supplies of regional reclamation consortia organized by the Basin Authority [14-16] and on IRSA / CNR estimates on groundwater [17].

The project, in practice, aims to build IT architecture, with the involvement of stakeholders, for real-time collection of hydrological data of regional water availability, drinking water delivered volumes and related requirements, time series for the creation an inventory database on the availability and requirements of the water resource, distinguished by use (civil, agricultural and industrial) and macro homogeneous areas (watersheds). These data will be processed using the Water Footprint (WF) and Life Cycle Assessment (LCA) calculation methodology using the most recent methods of assessing the impacts related to water use, and in particular the European AWARE-Availability WAtER REMaining method, recently introduced [18]. At this point, it will be possible to obtain a synthetic indicator calculated as the ratio between the availability and the needs that will not be considered as simple withdrawals but will also include the environmental information of the methods described above. Based on the data collected, it will be possible to arrive at a geographical, temporal and sector differentiation. The final step involves the creation of a DSS (Decision Supporting System) implemented in a web platform and smartphone application.

3. Results and Discussion

The development of a dashboard of indicators such as the WF or the SI index organized through a DSS can represent a fundamental element on which to base short and long-term water resource management policies for both institutions and private entities. Through an adequate system of detection and updating of data on water needs and availability and a system of immediate processing of the same based on standardized and shared calculation methodologies, it is possible to monitor the condition of water scarcity with scientific rigor and calibrate the necessary corrective actions to be applied with the aim of optimizing management throughout the territory.

The open-source web platform www.apulianws.it lays the foundations for the creation of a predictive monitoring model for public and private managers and all regional stakeholders, thus capitalizing on the following know-how produced:

- Database on Apulian water needs and availability in downloadable and processable format with the possibility of continuous updating thanks to the involvement of the main stakeholders and integration with data already available in a disorganized manner;
- Apulian water stress database organized by territory and by destination of water use (civil, industrial, agricultural, ecosystem) resulting from the processing of data collected and organized in the previous database on needs and availability;
- Implementing a DSS with IT architecture (smartphone app) designed to integrate data from two databases to support the management policies of water resources in the short and long term for both the institutions and for private parties.

Analysing the official data in Apulia, the total withdrawal exceeds 1,000 Mm³ (figure 2)., this need is destined to grow and is higher than available. Figure 3 shows that the higher water demands are derived from the agricultural sector, over 70% of the regional demand, in fact, is intended for use in irrigation. This need will be further aggravated by the ever-changing rainfall trend during the different months of the year. Figure 4, in fact, shows the average data of the last ten years relating to the maximum rainfall recorded monthly by the regional hydrographic service of the Civil Protection. Figure 5 shows the maximum annual rainfall by comparing it with the average of the last ten years. As can be seen from the analysis of the figures, there is an annual volume of more or less regular rainfall but with strong variations during the different months of the year. Long dry periods occur mainly during the spring-summer period, which forces farmers to source their supplies from the aquifer and, where present, from the connections of the reclamation consortia in order not to lose the profits deriving from horticultural crops, which are more profitable than cereals grown in the autumn-winter period.

Analysing the monthly rainfall data recorded in the last ten years (Figure 4) and comparing it with previous historical series [19, 20], the situation appears critical.

The major concerns about the possible evolution of future scenarios foresee the water supply increasingly at risk. The Apulia region strongly depends on the neighbouring regions and rainfall is very irregular on the territory. The intensification of storms with large volumes of water concentrated in a short period of time, in fact, entail consequences in the future more and more difficult to manage. On the one hand, it will be necessary to deal with the danger of floods with consequent hydrogeological instability, on the other hand to prevent the precious and scarce resource coming from precipitation from quickly flowing through the surface water bodies and then dispersing into the sea without the possibility of replenishing the groundwater or being accumulated in the relevant reference river basins.

This last aspect is of considerable importance especially in view of the need for water supply in summer. In summer, also because of the significant tourist flows that affect the region, there is a strong human pressure for drinking water, which adds to the already substantial demand for irrigation purposes. Figure 2, in fact, shows that the drinking needs amounted to 25% of the total. According to Acquedotto Pugliese data, in 2019 it was produced 519 Mm³ of drinking water, of these, however, only 0.1% were treated and refined to be reused in agriculture, although in 2019 has registered an increase of uncured wastewater more than 78% compared to the previous year. The latter data poses major challenges in maximizing the most of the indisputable benefits, which the “Circular management” of drinking water resources, can bring in terms of reducing human impacts on regional water resources.

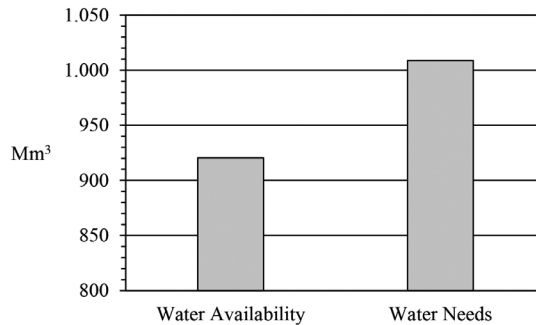


Fig. 2 – Apulian water availability and needs

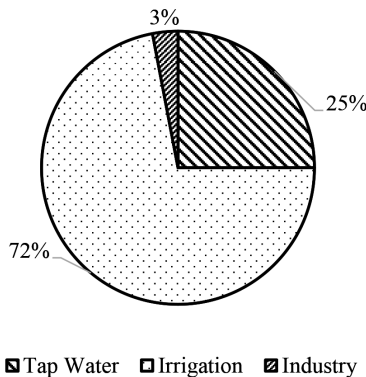


Fig. 3 – Apulian Water Availability and Needs

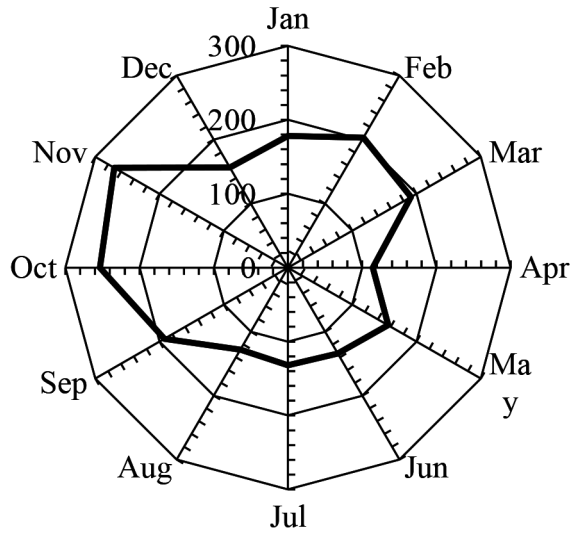


Fig. 4 – Apulian monthly rainfall trend average 2009-2019 (monthly max mm)

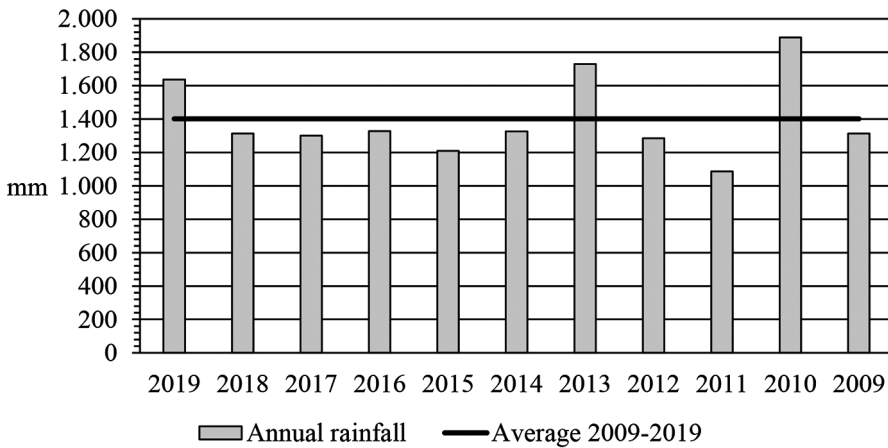


Fig. 5 – Apulian annual maximum rainfall (2009-2019)

4. Conclusions

This paper describes the methodological issues developed during the development of a design hypothesis aimed at creating a management and monitoring model of water scarcity, indicating the Apulia Region as a case study. The proposed activities are characterized by a strong scientific innovation compared to the national state of the art, as there are currently no similar experiences. They represent a continuation and deepening of a three-year research already conducted at the regional level and can guide regional policies for managing water resources and influence user behaviour in the short and long term. The themes of the project present strong characters of innovation and interest that would certainly deserve both methodological and technical-organizational insights. Although the scope of application is local, it should be borne in mind that the scientific debate covers a global context,

pushing the European Union to the creation of a specific research group (Water Use in Life Cycle Assessment, WULCA) on the issue. Compared to previous experiences, this project has attempted a “bottom-up” approach, aiming to create a model that starts from punctual and localized (site-specific) measurements with the involvement of all stakeholders in collecting, organizing, managing and elaborate a considerable amount of data in compliance with specific territorial characterizations. It seems clear, therefore, that the follow-up activities is closely linked to the capacity of key public and private stakeholders (including resource management organizations, regions and local authorities) to see the opportunities in the results of the project as a tool to support for political decisions and management planning.

References

- [1] **Russo, C., G.M. Cappelletti, and G.M. Nicoletti.** *Innovative Approaches of Water Scarcity Management in the Apulia Region.* in *20th IGWT Symposium, Commodity Science in a Changing World.* 2016. University of Economics, Varna, Bulgaria: Publishing house “Science and economics”.
- [2] **Russo, C., G.M. Cappelletti, and G.M. Nicoletti.** *“Water Profile” as Impact Category and Element of life Cycle Impact Assessment.* in *Current trends in Commodity Science: Selected Aspects of Organization, Product and Process Management.* 2017. Poznan, Poland: Poznań University of Economics and Business Faculty of Commodity Science.
- [3] **Wu, X., et al.,** *Assessment of Water Footprints of Consumption and Production in Transboundary River Basins at Country-Basin Mesh-Based Spatial Resolution.* *Int J Environ Res Public Health*, 2019. **16**(5).
- [4] **Boulay, A.-M. and L. Lenoir,** *Sub-national regionalisation of the AWARE indicator for water scarcity footprint calculations.* *Ecological Indicators*, 2020. **111**: p. 106017.
- [5] **Linke, S., et al.,** *Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution.* *Scientific Data*, 2019. **6**(283).
- [6] **Hofste, R.W., et al.,** *Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators.* *Technical Note.* 2019, World Resource Institute: Washington, DC.
- [7] **World Resources Institute.** *Aqueduct tools.* 2020; Available from: <https://www.wri.org/aqueduct>.
- [8] **Thylmann, D. and T. Kupfer,** *Introduction to Water Assessment in GaBi Software. Version 2.0 January 2017.* 2017.
- [9] **Pfister, S., et al.,** *Understanding the LCA and ISO water footprint: A response to Hoekstra (2016) “A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA”.* *Ecological Indicators*, 2017. **72**: p. 352-359.
- [10] **Boulay, A.-M., et al.,** *The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining. (AWARE).* 2016.
- [11] **Pfister, S., et al.,** *Ecoinvent 3: assessing water use in LCA and facilitating water footprinting.* *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2015. **21**(9): p. 1349-1360.
- [12] **Regione Puglia.** *Sezione Protezione Civile Regione Puglia - Bollettino Idrologico della Regione Puglia.* 2020; Available from: <https://protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale-decentrato/rete-di-monitoraggio/annali-e-dati-idrologici-elaborati/bollettino-idrologico-della-regione-puglia/>.
- [13] **AQP. Acquedotto Pugliese.** 2020; Available from: <https://www.aqp.it/node/3>.
- [14] **Apulian Basin Authority.** 2020; Available from: <https://www.anbi.it/anbi-regionali/geo/13-Puglia>.
- [15] **Apulian Basin Authority,** *The Apulian Freshwater Final Report (in Italian).* 2015.
- [16] **Apulian Basin Authority,** *Study on the Feasibility of the Apulian Tap Water Balance (in Italian).* 2012.
- [17] **IRSA-CNR.** *Istituto di Ricerca sulle Acque - Consiglio Nazionale delle Ricerche.* 2020; Available from: <http://www.irsacnr.it/index.php/ita/>.
- [18] **Boulay, A.-M., et al.,** *The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE).* *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2017.

[19] **Crespi, A., et al.**, *1961–1990 high-resolution monthly precipitation climatologies for Italy*. International Journal of Climatology, 2018. **38**(2): p. 878-895.

[20] **Regione Puglia**, *Mappe climatiche in Puglia: metodologie, strumenti e risultati*. 2010.

Contribution of authors

1, 4, References (Russo C.); 2, 3 (Cappelletti G.M. and Russo C.); Supervision (Nicoletti G.M.).

Stato dell'arte del consumo idrico in agricoltura nella regione Puglia per un Nuovo Modello di Economia Circolare

*Tiziana Crovella tiziana.crovella@uniba.it; Giovanni Lagioia; Annarita Paiano
Dipartimento di Economia, Management e Diritto dell'Impresa
Università degli Studi di Bari Aldo Moro e Programma MoDEC Apulia*

Riassunto

Attualmente il settore agricolo utilizza tra il 70-80% delle risorse idriche mondiali, quasi tre volte dell'acqua utilizzata per usi industriali e presenta valori di impronta idrica (WF) elevati sia a livello globale che nazionale. Ad esempio, il settore olivicolo pugliese è responsabile del consumo di 1832 m³/t di acque verdi, 215 m³/t di acque blu e 3 m³/t di acque grigie. Attraverso una mappatura della risorsa idrica è stata condotta, prima, una quantificazione delle disponibilità idriche e dei volumi erogati dai consorzi, responsabili questi ultimi dell'approvvigionamento idrico del 30% delle aziende agricole pugliesi. Successivamente, è stato analizzato l'utilizzo dell'acque reflue a scopo irriguo. L'obiettivo generale del presente lavoro è fornire indicazioni per la previsione di scenari razionali e sostenibili della risorsa idrica in agricoltura.

Summary

Currently, agricultural sector uses about 70-80% of the global water resources, uses almost three times of water used for industrial sector and, also, shows a high water footprint (WF) values both globally and nationally. For example, the Apulian olive sector is responsible for the consumption of 1832 m³/ton of green water, 215 m³/ton of blue water and 3 m³/ton of grey water. Firstly, it was carried out a quantification of the water availability and volumes supplied by the consortia, responsible of the supply of 30% Apulian farms, through the mapping of water resource. Subsequently, it was analyzed the use of wastewater for irrigation. The general aim of this paper is to provide suggestions in order to predict sustainable and rational scenarios associated of the water resource used in agricultural sector.

1. Introduzione

A livello mondiale, l'agricoltura rappresenta il settore maggiormente utilizzatore di acqua dolce e il 70-80% delle risorse idriche mondiali viene impiegato in agricoltura [1]. In Italia il prelievo di acqua per il settore agricolo, sebbene avesse registrato una riduzione di quasi il 18% negli ultimi venti anni, pari a 3 Gm³ oggi si attesta ancora superiore (quasi tre volte) rispetto al prelievo d'acqua per usi industriali [2]. Attraverso questo *paper* si vuole contribuire, a beneficio della comunità scientifica e degli *stakeholder* di settore, a meglio conoscere la questione della sostenibilità degli approvvigionamenti idrici per l'agricoltura pugliese. È noto che questa regione si presenta, al pari del passato, come un territorio a vocazione agricola caratterizzato da importanti fenomeni di siccità. Basti pensare che il tessuto economico pugliese presenta più di 77.000 imprese attive in agricoltura, silvicoltura e pesca, seconda soltanto al commercio con più di 80.000 imprese e seguita più di 26.000 imprese operanti nel settore

delle costruzioni [3]. È chiaro che l'agricoltura, utilizzando tra le risorse naturali maggiormente quella idrica, merita di essere analizzata anche alla luce di futuri modelli di Economia Circolare da pianificare.

2. Relazione

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del Progetto MoDEC Apulia – Modelli di Economia Circolare per una nuova Economia Regionale, finanziato dalla Regione Puglia – Adisu Puglia. Nella sua struttura, è stato progettato nella forma di una mappatura dei consumi idrici che hanno interessato il settore agricolo pugliese negli ultimi anni, soffermandosi sui volumi di risorsa idrica erogati dai consorzi di bonifica e sull'utilizzo delle acque reflue a scopi irrigui.

2.1 Metodologia

Lo strumento del Bilancio Idrico Irriguo regionale [4] ha consentito di condurre una mappatura delle disponibilità idriche, sia pubbliche (acqua da consorzi o da bacini regionali) che private (acqua da pozzi, acque sotterranee o sorgenti utilizzando mezzi privati di prelievo). In questa prima fase del lavoro, ci si è soffermati sulle infrastrutture idriche consortili che, attualmente, in Puglia alimentano il 30% delle imprese attive in agricoltura. Successivamente sono state analizzate le colture, la cui richiesta irrigua incide maggiormente su questi consorzi. Infine, è stato analizzato l'impiego delle acque reflue in Puglia. Per condurre questo studio, sono stati utilizzati diversi database e fonti bibliografiche: *data warehouse* ISTAT e FAO, rapporti della Banca d'Italia, Bilancio Idrico Irriguo (BII) della Puglia e letteratura scientifica di settore.

2.2 La risorsa idrica nel fabbisogno nazionale e regionale

Negli ultimi venti anni a livello nazionale (Fig. 1) è stata rilevata una riduzione di quasi il 18% dei prelievi di acqua per irrigazione, una riduzione, invece, del 50% di quelli per usi industriali, una riduzione del 24% del prelievo totale di acqua, che scende a 34 Gm³/anno, mentre si registrano valori costanti di acqua impiegata per usi civili.

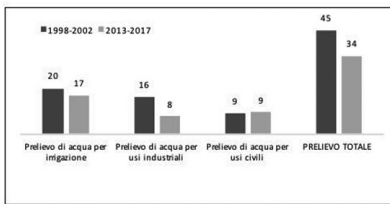


Fig. 1 – Confronto fra tipologie di prelievo di acqua in Italia (1998-2017) (in Gm³/anno). Fonte: Elaborazione personale sui dati [2].

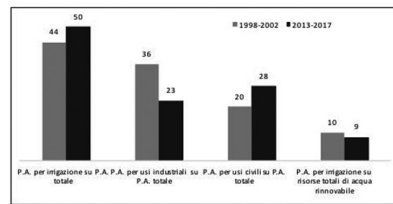


Fig. 2 – Incidenza delle differenti tipologie di prelievo di acqua (%) sul prelievo totale in Italia (1998-2017). Fonte: Elaborazione personale sui dati [2].

Inoltre, analizzando l'incidenza che i differenti prelievi d'acqua hanno sul totale della risorsa idrica, emerge, sempre negli ultimi venti anni (Fig. 2), un aumento del 14% del prelievo di acqua per irrigazione, una riduzione del 36% nel caso degli usi industriali ed un aumento del 40% per usi civili passati da 20 a 28 Gm³/anno. In particolare, però, il prelievo di acqua per irrigazione sul totale delle risorse idriche rinnovabili, intese come acque reflue, da drenaggio agricole e desalinizzate, è diminuita, passando da 10,5 a 8,9 Gm³/anno [2]. Si conferma, quindi, che l'acqua per irrigazione presenta la maggiore incidenza (44% nel 1998-2002 e 50% nel 2013-2017) sul totale di acqua prelevata a livello nazionale. A livello regionale, invece, per la Puglia sono stati quantificati quasi 210 milioni di m³ di acqua prelevata per uso civile nel 2008, volume ulteriormente ridotto del 15% nel 2012 e del 17% nel 2015 [5]. Nonostante questa

riduzione, la Puglia presenta per il 2015 il più alto valore nazionale dell'indice di dipendenza idrica da risorse idriche esterne, pari al 79%, con quote d'acqua in ingresso provenienti da Basilicata, Campania e Molise [6].

2.3 Le aziende agricole e le colture

Dal punto di vista delle unità operanti, il territorio pugliese ospita circa il 17% del totale delle aziende agricole attive sul territorio nazionale. Dai dati presenti in **Tab. 1**, dal 1990 al 2015, queste aziende hanno registrato una riduzione del 32% su scala regionale e del 92% su scala nazionale.

| | IV Censimento 1990 | V Censimento 2000 | VI Censimento 2010 | ISTAT 2014 | ISTAT 2015 |
|--------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Puglia | 350604 | 336697 | 275633 | 271754 | 264747 |
| Italia | 3023344 | 2405453 | 1630420 | 1620884 | 1573524 |

Tab. 1 – Scenario delle aziende agricole (1990-2015) in unità. Fonte: Elaborazione personale su [7], [8] e [9]

Dal punto di vista delle tipologie colturali, invece, il territorio pugliese ospita una molteplicità di prodotti: frumento, orzo, avena, mais, pisello, fagiolo, fava, lenticchia, cece, aglio, scalogno, cipolla, porro, rapa, patata, barbabietola, asparago, radicchio, sedano, cavolo, melanzana, peperone, cetriolo, fragola, lattuga, lampone, melone, zuccina, cocomero, finocchio, indivia, prezzemolo, ravanello, spinacio, bietola, broccetto, cavolfiore, pomodoro e basilico, tabacco, lino, canapa, colza, girasole, uva, olive, arancia, mandarino, clementine, limone, cotogno, mela, pera, pesca, albicocca, ciliegia, susina, fico, nespola, pistacchi, kiwi, loti, melograno, fichi d'india, lampone, mandorla, nocciole, altre bacche, carrubo. Tra le colture che hanno registrato notevoli variazioni sul quantitativo di produzione dal 2014 ad oggi [7] emergono: uva da vino (+46,3%), girasole (+39,4%), pomodoro in serra (+30,9%), albicocca (+20,9%), pomodoro da industria in piena aria (18,8%), nettarina (+16,7%), clementine (+13,6%), mandorla (11,5%), cocomero in piena aria (+9%), cipolla in piena aria (+8,4%) e uva da tavola (+2,2%). Altri hanno mostrato una decrescita: zucchine in serra (-96%), ciliegia (-18,1%), finocchio in piena aria (-11,3%), frumento duro (-8%), olive da olio e tavola (-7,4%) e fava da granella (-3,9%).

2.4 La risorsa idrica in Puglia

L'Italia, seconda alla Spagna con 3 milioni di ha, possiede 2,4 milioni di ha di superficie agricola e il 19% di questa superficie è irrigata. L'Italia ha utilizzato durante l'annata agraria 2009-2010 circa 12 miliardi di m³ di acqua per irrigare 2,5 miliardi di ha di terreni. [3]. A livello regionale, invece, in base ai dati disponibili del BII è stato calcolato, che il volume irriguo (**Tab. 2**) di acqua utilizzata per usi agricoli in Puglia è pari a 2747 m³/ha [4] e che la stessa regione detiene il 9,8% della superficie irrigata nazionale [2]. Inoltre, la SAU (Superficie Agricola Utilizzata) pugliese è irrigata per il 79% da pozzi, per il 20% da impianti consortili, come si evince dai calcoli in **Tab. 2**, e per l'1% da altre fonti. Dall'ultimo censimento ISTAT dell'Agricoltura [8] è stato rilevato che:

- il 51% delle aziende agricole pugliesi utilizza acque sotterranee all'interno o nelle vicinanze dell'azienda (il 77% di queste aziende insistono nella provincia di Brindisi);
- il 30% utilizza acqua consortile, di bonifica o di ente irriguo;
- di cui 21% con consegna a domanda (il 32% di queste aziende insistono sul territorio nella provincia di Foggia) e
- 9% con consegna a turno (il 14% di queste aziende insistono sul territorio nella provincia BAT).

In particolare, le aree con il maggior consumo di acqua sono la Piana del Tavoliere, l'Arco Ionico e il Sud-Barese.

2.5 Stato dell'arte della risorsa idrica regionale da infrastrutture pubbliche

Come già detto in precedenza, il 30% delle aziende agricole operanti sul territorio regionale utilizza acqua dei 6 consorzi presenti in Puglia e/o acqua dell'ente irriguo regionale ARIF (Agenzia Regionale per le attività irrigue e forestali). Mediamente in un anno i consorzi erogano circa 166 milioni di m³ di acqua comprese le risorse dei pozzi gestiti dall'ARIF. Si tratta di acqua, in misura maggiore, derivante da pozzi ed invasi. Come si evince dalla **Tab. 2**, il Consorzio di Bonifica della Capitanata con una estensione di 4,42 milioni di ha erogato il 60% dei volumi di risorsa idrica presenti in Puglia, pari a più di 100 milioni di m³/anno, in tal modo riuscendo a soddisfare il 58% del fabbisogno medio irriguo.

| Consorzio di Bonifica | Sub-comprensorio | Tipologia | Volumi irrigui (m ³ /anno) | Fabbisogno medio Irriguo SUP(m ³ /anno) |
|-----------------------|---------------------------|--|---------------------------------------|--|
| del Gargano | Rodi-Vico | Sorgente | 178099 | |
| | Cagnano-Capino-Ischitella | Pozzi | 8467 | 1029381 |
| | S. Luca - Vieste | - | - | |
| della Capitanata | Nord-Fortore | Invaso | 24459073 | |
| | Sud-Fortore | | 38599260 | 186897367 |
| | Ofanto | Fluente/ Invaso | 36993408 | |
| Terre d'Apulia | Minervino Alto | Invaso | 3842750 | |
| | Loconia | Fluente | 7875571 | 20498187 |
| | Litorale Barese | Pozzi | 672454 | |
| Stornara e Tara | Sinni Vidis | Invaso | 16924432 | |
| | Sinni Mataponto Uno | Invaso | 6173696 | 54151804 |
| | Sinistra Bradano | Invaso | 16657206 | |
| Arneo | 25 distretti | Pozzi | 498373 | 15215811 |
| Ugento Li Foggi | 35 distretti | Pozzi/ Depuratore Galilipoli/ Sorgente Idume | 1289079 | 6469136 |
| ARIF | Bari Murgia | | 2053578 | |
| | Bari Nord e BAT | | 2595103 | |
| | Bari Sud | | 1082679 | |
| | Bari Sud Est | Pozzi | 4867881 | 37739849 |
| | Lecce | | 434892 | |
| | Brindisi | | 49799 | |
| | Taranto | | 716514 | |

Tab. 2 – Volumi medi erogati dai singoli sub-comprensori. Fonte: elaborazione personale su [4].

2.6 Incidenza delle colture sulla risorsa idrica consortile

La SAU regionale è interessata per la maggior parte da olivicoltura, vigneto da vino e pomodoro per trasformazione industriale. Dalle analisi condotte, in **Tab. 3** è possibile osservare quali sono le maggiori colture che insistono sul territorio pugliese e si evidenzia, anche, l'incidenza che le stesse hanno sulla risorsa idrica erogata dai consorzi. Inoltre, come indicato in

Tab. 3, la superficie servita dal Consorzio di Bonifica del Gargano è interessata, rispettivamente per i suoi 2 sub-comprensori, dal 90% da agrumicoltura e dal 90% da olivicoltura. Il Consorzio di Bonifica della Capitanata è interessato da viticoltura, olivicoltura e pomodoro da industria. Il Consorzio dell'Ofanto, invece, alimenta per il 51% aree a viticoltura (da per uva da vino e da tavola) e per il 30% aree a olivicoltura. Anche per il Consorzio Terre d'Apulia si rileva maggiore incidenza di viticoltura e olivicoltura. La superficie irrigata dal Consorzio Arneo è interessata da olivicoltura e, in misura minore, ortaggi tra i quali pomodori. Anche per il Consorzio di Bonifica di Ugento Li Foggi l'incidenza maggiore è dell'olivicoltura. Per il Consorzio di Stornara e Tara, per i quali i dati dell'incidenza percentuale puntuali non sono stati resi noti, si fa riferimento per grandi linee anche qui alla viticoltura.

| Consorzio di Bonifica | Caratteristiche | Sub-comprensorio | Colture principali | Incidenza (%) |
|--|---|---|---|---------------|
| del Gargano | Superficie: 150337 ha | Rodi-Vico | Agrumicoltura | 90 |
| | | | Olivicoltura | 10 |
| | Territorio Irriguo: 975 ha | Cagnano-Carpino-Ischitella | Olivicoltura | 90 |
| | | | Seminativi/ortive | 10 |
| della Capitanata | Superficie: 441545 ha | Nord Fortore | Vite da vino/ olio da olivo | 60 |
| | | | Pomodoro da industria | 25 |
| | | | Barbabietola da zucchero/girasole | 3 |
| | | | Orticole intercalari (finocchio, broccoli) | 12 |
| | SAT: 975 ha | Sud Fortore | Pomodoro da industria | 40 |
| | | | Vite/ olio | 30 |
| | | Barbabietola da zucchero | 13 | |
| | | Orticole annuali (peperoni e meloni) e poliennali (asparago e carciofo) | > 10 | |
| Comprensorio Irriguo a Sinistra dell'Ofanto | Superficie: 55000 ha | Sinistra Ofanto | Colture arboree | 90 |
| | | | Colture frutticole (pesco, albicocco, melo) | |
| | Area attrezzata ed in esercizio: 40000 ha | | Orticole annuali (carote, patate, pomodoro) | 10 |
| | | | Orticole pluriennali (carciofo, asparago) | |

Segue

| Consorzio di Bonifica | Caratteristiche | Sub-comprensorio | Culture principali | Incidenza (%) |
|---------------------------------------|---|------------------|---|---------------|
| Terre d'Apulia | Superficie: 569507 ha | Minervino Alto | Vigneto da vino | 63 |
| | | | Oliveto | 29 |
| | | | Frutteto | 2 |
| | | | Vigneto uva da tavola | 1,5 |
| | | | Vigneto/ Oliveto | 1,3 |
| | | | Soccorso | 3,3 |
| Terre d'Apulia | Area attrezzata ed in esercizio: 1610 ha + reti mobili | Loconia | Vigneto - vino a tendone | 62 |
| | | | Frutteto - primizie | 9,6 |
| | | | Oliveto | 8,4 |
| | | | Ortaggi a ciclo primaverile estivo | 7,3 |
| | | | Frutteto cv. Tardiva | 7,3 |
| | | | Soccorso | 4 |
| | | Litorale Barese | - | - |
| Stornara e Tara | Superficie: 142949 ha | Sinni Vidis | Specie arboree da frutto (Arancio, vite, actinidia) | - |
| | | Sinni Mataponto | Orticole (meloni, solanacee, lattughe) | - |
| | | Uno | Seminativi | - |
| | | Sinistra Bradano | Viti a tendone | - |
| Arneo | Superficie: 252981 ha | | Ortaggi/ pomodoro/ serre | 25 |
| | | | Foraggio (seminativi) | 1 |
| | | | Uliveto | 64 |
| Arneo | Superficie irrigua: 4744 ha | | Vigneto | 5 |
| | | | Frutteto | 5 |
| | | | Oliveto | 79 |
| Consorzio di Bonifica Ugento Li Foggi | Superficie totale attrezzata: 12173 ha | | Verdura | 5,3 |
| | | | Patate | 5 |
| | | | Pomodori | 2,6 |
| | | | Vigneto | 2,3 |
| | | | Angurie | 1,5 |
| | | | Frutteto | 1,3 |
| | | | Agrumeto | 1 |
| | | | Peperoni | 0,6 |
| | | | Prato | 0,5 |
| Meloni | 0,4 | | | |
| ARIF | Brindisi (12 pozzi); Bari Murgia (25 pozzi); Bari Nord e BAT (61 pozzi); Bari Sud (35 pozzi); Bari Sud Est (58 pozzi); Lecce (32 pozzi); Taranto (33 pozzi) | | | - |

Tab. 3 – Incidenza delle colture sul comparto irriguo pubblico. Fonte: elaborazione personale su dati [4].

2.6.1 Il caso dell'olivicoltura

Uno dei più importanti settori dell'agroindustria europea e parallelamente pugliese è l'industria dell'olio d'oliva e dell'olivicoltura, in generale [10]. Questo settore è anche responsabile del consumo di 1832 m³/t di acque verdi, 215 m³/t di acque blu e 3 m³/t di acque grigie [2]. A tal proposito, la **Tab. 4** mette in evidenza la riduzione registrata, dal 2014 al 2018, in termini di volume d'acqua utilizzata per ha per l'olivicoltura. Si tratta di una riduzione del 6% nel caso di olive da olio e del 21% nel caso di olive da tavola. Per quanto riguarda l'olivicoltura

da olive da olio, negli ultimi anni, è stata registrata anche una diminuzione del 27% in termini di SAU irrigata, al contrario dell'aumento del 40% della SAU irrigata per olivicoltura da olive da tavola, anche dovuta agli abbattimenti degli alberi per contrastare la diffusione del batterio di *Xylella fastidiosa*.

| | Olivo per olive da olio | | | Olive per olive da tavola | | |
|-------------|-------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | n° osservazioni | SAU irrigata | Volume acqua (m^3/ha) | n° osservazioni | SAU irrigata | Volume acqua (m^3/ha) |
| 2014 | 189 | 8,85 | 861 | 13 | 4,29 | 1244 |
| 2015 | 169 | 9,60 | 1169 | 12 | 4,52 | 690 |
| 2016 | 164 | 7,72 | 1247 | 16 | 6,06 | 749 |
| 2017 | 194 | 7,17 | 1052 | 17 | 5,81 | 708 |
| 2018 | 186 | 6,50 | 810 | 11 | 6,00 | 978 |

Tab. 4 – Valori d'uso d'acqua dell'olivicoltura in Puglia (2014-2018). Fonte: elaborazione personale su dati [11].

2.7 Utilizzo delle acque reflue in Puglia

Tra le possibili indicazioni per i nuovi modelli di Economia Circolare da attuare nel settore dell'agricoltura in Puglia, il riutilizzo delle acque reflue consentirebbe, in primis, di ridurre le condizioni di stress idrico della falda, una maggiore sostenibilità dei costi energetici e, soprattutto, eviterebbe un approvvigionamento autonomo e incontrollato da falda, preferendo un approvvigionamento più controllato dai Consorzi.

Già nel 1991, con la Direttiva Comunitaria 91/271, all'art.12 si invitavano i Paesi membri a "riutilizzare, ogni qual volta lo si riteneva opportuno, le acque reflue trattate e a smaltire le stesse con il minimo impatto ambientale". Successivamente, in Italia, nel recepimento di tali misure comunitarie, è stata stabilita la competenza regionale, in accordo con il parere delle autorità competenti circa le operazioni di riciclo e di riutilizzo di suddette acque trattate. A tal scopo, la Regione Puglia ha emanato una serie di misure legislative per il riutilizzo delle acque reflue e, tra queste, la L.R. n.27/2008, la Delibera del Consiglio Regionale n.2637 del 23 maggio 2010, il Regolamento regionale n.8/2012. Il riutilizzo delle acque reflue, come indicato dal R.R. n.8/2012, può avere scopo ambientale (ripristino e bilanciamento idrico delle zone umide), di irrigazione (delle colture, per la produzione di alimenti per consumo umano e animale, per irrigazione di aree urbane e/o industriali), urbano (pulimento manto stradale o fornitura per servizi igienici urbani), industriale (per antincendio, pulimento e cicli termici industriali). Secondo Colucci [12] si evince che a livello regionale sono recuperabili circa 60 milioni di m^3 /anno di acque reflue a scopi irrigui. Pertanto, se i Consorzi erogano 166 milioni di m^3 /anno di risorsa idrica, il riutilizzo delle acque reflue a scopo irriguo permetterebbe di ridurre la richiesta a tali consorzi del 36% e a far risparmiare anche notevoli risorse economiche alle stesse imprese agricole. Tuttavia per la Puglia sono stati previsti 63 depuratori con la programmazione 2007-2013 e 23 con la programmazione 2014-2020 portando ad un risparmio per gli agricoltori di circa 7 milioni di euro l'anno [15]. Peraltro, è stato rilevato anche, attraverso la metodologia della WF (Water Footprint) [13] - che consente di effettuare una stima diretta e indiretta del consumo di acqua necessaria per la produzione di un determinato prodotto delle colture dell'agricoltura pugliese - il maggior impatto per la viticoltura (44776 m^3/ha), seguito dall'olivicoltura (40270 m^3/ha) e dal settore di produzione dei pomodori (25520 m^3/ha) [14]. Pertanto, è auspicabile un maggior utilizzo di acque reflue soprattutto dalle aziende che insistono in questi settori, in considerazione della WF delle colture maggiormente rappresentative per l'agricoltura pugliese. In definitiva, va evidenziato che la possibilità e la necessità di riutilizzare le acque reflue non è scevra da problemi associati ai sistemi di gestione e in-

frastrutturali per la costruzione di bacini di contenimento, ma ci si auspica almeno a livello comunitario entro il 2030 di dimezzare la percentuale delle acque non trattate.

3. Conclusioni

In linea di massima, i prelievi dalle fonti consortili sono maggiormente controllabili, rispetto all'utilizzo di pozzi e risorse private e riducono anche i prelievi da falda e lo stress idrico ad essi associato. Tuttavia, come evidenziato nel lavoro, l'utilizzo delle acque reflue, potrebbe ridurre di più di 1/3 la richiesta di acqua ai consorzi e, quindi, ridurrebbe anche i costi associati all'utilizzo di tale risorsa. Pertanto, è essenziale a livello regionale passare a un'agricoltura sostenibile che conservi la fertilità del suolo nel tempo, consumi minori quantità di risorse naturali, come quelle idriche e adotti approcci di Economia Circolare, soprattutto nel settore dell'olivicoltura e della viticoltura, preservandone sempre il rendimento, la qualità e la sicurezza della filiera agroalimentare. In conclusione, l'analisi condotta, di cui si presentano i risultati preliminari e che sarà ampliata in studi futuri, conferma l'importanza di una mappatura delle disponibilità idriche con l'obiettivo di fornire indicazioni previsionali a supporto delle azioni che i differenti stakeholder e decisori pubblici devono prendere a diversi livelli al fine di portare l'agricoltura pugliese verso ottimali livelli di sostenibilità. Pertanto, è auspicabile un maggiore coinvolgimento delle aziende del settore nelle fasi censuarie e di aggiornamento dei dati, nelle disponibilità alla fornitura degli stessi e alla stretta collaborazione con stakeholder pubblici e privati per la progettazione di modelli innovativi di utilizzo razionale delle risorse, non solo idriche.

Bibliografia

- [1] **Molden, D** (2017). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan and Colombo: Intern Water Manag Institute, London.
- [2] **Fao** (2020). Banca Dati Statistica. (<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>, accesso 20 aprile 2020).
- [3] **Banca d'Italia** (2019). L'economia della Puglia. Aggiornamento congiunturale. Bari, pp. 30. (<https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/economie-regionali/2019/2019-0038/index.html>, accesso 01 settembre 2020).
- [4] **BII** (2015). Bilancio Idrico Irriguo – Vol. I, II. II. Regione Puglia e Autorità di Bacino della Puglia (A cura di). (<https://www.adb.puglia.it/public/news.php?item.344.9>, accesso 01 settembre 2020).
- [5] **Istat** (2020). Banca dati Ambiente ed Energia – Acqua. (<http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=20136>, accesso 01 settembre 2020).
- [6] **Istat** (2019). Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia. ISBN 978-88-458-1976-6.
- [7] **Istat** (2020). Banca dati Agricoltura. (<https://www.istat.it/it/agricoltura>, accesso 01 maggio 2020).
- [8] **Istat** (2012). VI Censimento Generale dell'Agricoltura 2010. (<http://censimentoagricoltura.istat.it>, accesso 01 settembre 2020).
- [9] **Istat** (2011). V Censimento Generale dell'Agricoltura 2000. (<https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti/censimenti-precedenti/agricoltura/agricoltura-2000->, accesso 01 settembre 2000).
- [10] **Pattara, C, Salomone, R, Cichelli, A** (2016). Carbon Footprint of extra virgin olive oil: a comparative and driver analysis of different production process in Centre Italy. *Journal of Cleaner Production*, 127, 533-547. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.152>.
- [11] **Rica** (2020). Banca dati su richiesta. (<https://rica.crea.gov.it/index.php>).
- [12] **Colucci, V** (2014). Wastewater reuse in Apulia: constraints and perspectives in “Wastewater and Biosolids Treatment and Reuse: Bridging Modeling and Experimental Studies”, *ECI Symposium Series*. http://dc.engcon.ntl.org/wbtr_i/43.
- [13] **Hoekstra et al.** (2011). *The water footprint assessment manual*. London, Washington. ISBN: 978-1-84971-279-8.
- [14] **Russo, C.** (2016). Apulian Water stress (<http://www.apulianws.it>, accesso 2 settembre 2020).
- [15] **ARTI – Regione Puglia** (2016). Demoware - Il riuso delle acque in agricoltura in Puglia (https://www.arti.puglia.it/wp-content/uploads/brochure_DEMOWARE_divulgativa.pdf, accesso 9 settembre 2020).

Riuso delle acque reflue in agricoltura nel progetto IMPEL “Integrated Water Approach”

*Geneve Farabegoli, geneve.farabegoli@isprambiente.it, ISPRA, Roma, Italia
Anabela Rebelo, APA, Portogallo*

Riassunto

Il presente articolo è una sintesi del lavoro del team di progetto “Integrated Water Approach and Urban Water Reuse” sul riutilizzo delle acque reflue trattate ai fini dell’irrigazione agricola come strumento per raggiungere gli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque e favorire le migliori pratiche di gestione delle risorse idriche. Partendo dalle attuali pratiche di riutilizzo in Europa, analizza le tecnologie di affinamento in uso, le best practice e gli usi sicuri delle acque affinate, gli approcci basati sulla valutazione del rischio, i programmi di monitoraggio e i costi del riutilizzo dell’acqua, nonché i fattori limitanti e gli ostacoli che impediscono ancora una sua diffusa applicazione su scala globale.

Summary

This paper is a synthesis of the work of the project team “Integrated Water Approach and Urban Water Reuse” on the reuse of treated wastewaters for agriculture irrigation purposes as a tool to achieve the objectives of the Water Framework Directive and enhancing water management best practices. Based on current reuse practices in Europe, it analyzes the refining technologies in use, best practices and safe uses of refined water, risk-based approaches, monitoring programs and costs of water reuse, as well as the limiting factors and obstacles that still prevent its widespread application on a global scale.

1. Introduzione

A quasi 20 anni di distanza dall’emanazione delle principali direttive, tra cui la Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive - WFD), le direttive sui nitrati, la direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane, nonché la direttiva Prevenzione e Riduzione Integrate dell’Inquinamento (IPPC) ora sostituita con la Direttiva sulle Emissioni Industriali (IED), i loro obiettivi non sono ancora pienamente conseguiti in molti Stati membri.

Il riutilizzo delle acque reflue trattate può essere uno strumento importante per contribuire, come soluzione locale, al raggiungimento degli obiettivi della WFD e per contribuire a un’economia più efficiente nell’impiego delle risorse nonché all’adattamento ai cambiamenti climatici, in particolare nei casi in cui la scarsità d’acqua è identificata come una pressione significativa.

Il riutilizzo delle acque reflue trattate è stato evidenziato nella politica sulle acque dell’UE come una possibile fonte idrica alternativa ma uno dei principali ostacoli al riutilizzo dell’acqua è la mancanza di armonizzazione nel quadro normativo per gestire i rischi sanitari e ambientali ad esso connessi.

Per superare questo problema, l’Unione europea ha recentemente adottato il nuovo Regola-

mento (UE) 2020/741 sul riutilizzo delle acque affinate in agricoltura [1], che stabilisce le prescrizioni minime applicabili alla qualità dell'acqua e al relativo monitoraggio, le disposizioni sulla gestione dei rischi e sull'utilizzo sicuro delle acque affinate che si applicherà a decorrere dal 26/06/2023.

Nel presente articolo si riportano i risultati ottenuti dal progetto "Integrated Water Approach", di cui l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) è capofila e realizzato nell'ambito della rete internazionale European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law (IMPEL) sul riutilizzo delle acque reflue in agricoltura in Europa ed in particolare nei seguenti paesi oggetto dello studio: Italia, Portogallo, Malta, Cipro, Regno Unito, Turchia e Paesi Bassi.

2. Relazione

Le pressioni sulle risorse idriche hanno comportato una maggiore attenzione verso l'utilizzo di fonti idriche alternative come opzione strategica per integrare e proteggere le risorse naturali. In Europa l'acqua trattata viene principalmente utilizzata per l'irrigazione agricola, usi urbani e industriali.

L'irrigazione agricola è di gran lunga l'ambito maggiore di utilizzo dell'acqua a livello mondiale e a livello europeo rappresenta, nel complesso, circa un quarto del totale dell'acqua dolce prelevata. Il riutilizzo dell'acqua in agricoltura ha quindi il più alto potenziale per una maggiore adozione del riutilizzo contribuendo così ad alleviare la scarsità d'acqua in Europa [2]. Già prima dell'emanazione del nuovo Regolamento (UE) 2020/741, diversi Stati membri e regioni autonome avevano elaborato un proprio quadro legislativo, regolamenti o linee guida per le applicazioni del riutilizzo dell'acqua. Cipro, Grecia, Spagna, Francia, Italia e Portogallo hanno prodotto gli standard più completi. Nei primi cinque paesi gli standard sono ricompresi nella legislazione nazionale come regolamenti o decreti ministeriali, mentre in Portogallo le norme sul riutilizzo dell'acqua consistono in linee guida, attualmente sostituite dalle norme ISO come la ISO 16075 [3-6], che sono generalmente prese in considerazione dal governo in fase di rilascio delle autorizzazioni di riutilizzo dell'acqua.

Tutte le norme esaminate si riferiscono al riutilizzo delle acque reflue urbane e industriali, ad eccezione delle norme di Cipro e Portogallo che si riferiscono solo alle acque reflue urbane.

Per quanto riguarda Cipro, le norme si riferiscono ai requisiti di qualità per le acque trattate utilizzate per l'irrigazione prodotte da impianti di trattamento delle acque reflue su piccola scala ≤ 2.000 abitanti equivalenti (A.E.).

Gli standard devono essere confrontati con attenzione poiché gli aspetti trattati dalla normativa di ciascuno Stato membro non risultano omogenei. In generale, le norme comprendono i seguenti criteri: usi previsti; parametri analitici; valore limite massimo consentito per ogni parametro; protocolli di monitoraggio e ulteriori misure preventive per la protezione della salute e dell'ambiente.

In Tabella 1 sono riportate le pratiche di riutilizzo dell'acqua nei paesi oggetto del presente studio, per maggiori approfondimenti si rimanda al Rapporto finale del progetto "Integrated Water Approach" [7].

| | |
|---------------|---|
| Italia | 60% agricoltura; 25% settore energetico e industriale; 15% settore civile. Riutilizzo non consentito per: uso potabile; contatto diretto con cibi crudi; irrigazione delle aree verdi aperte al pubblico. La legislazione non regola il riutilizzo delle acque reflue all'interno dello stesso stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte. Nessuna distinzione tra tipi di riutilizzo, che impiegano gli stessi limiti restrittivi chimici e microbiologici. |
|---------------|---|

Segue

| | |
|--------------------|--|
| Portogallo | Irrigazione di campi da golf, agricoltura e sostegno agli ecosistemi. Nuova legislazione per l'uso delle acque reflue trattate in fase di sviluppo. I progetti di riutilizzo dell'acqua necessitano del permesso dell'Agenzia portoghese per l'ambiente. Gli standard di qualità sono selezionati in base agli standard ISO e viene applicato un approccio multi-barriera per ridurre i rischi per la salute umana e l'ambiente circostante. |
| Malta | Una rete di distribuzione è stata creata appositamente per distribuire acqua affinata ai campi in tutta l'isola. Sono inoltre disponibili per gli agricoltori una serie di punti di distribuzione per prelevare acqua tramite autobotti. Sistema di carte prepagate per regolare la distribuzione dell'acqua. Gli agricoltori beneficiano di un approvvigionamento idrico più sicuro, anche durante periodi di siccità quando altre fonti di irrigazione potrebbero non essere disponibili. |
| Cipro | 51,4% irrigazione; 16,1% nelle falde acquifere per irrigazione; 27,6% in letto asciutto per infiltrazione; 1,5% in diga per irrigazione. Acqua riutilizzata in agricoltura solo durante il periodo invernale quando la domanda di irrigazione è limitata, adatta alla maggior parte delle colture. Non consentita per verdure a foglia, fragole e bulbi consumati crudi, patate e barbabietole. L'utilizzo dei fanghi degli impianti di trattamento a fini agricoli è regolato dalla Legge. |
| Regno Unito | Irrigazione di campi da golf, parchi e giardini, lavaggio auto, refrigerazione, piscicoltura e industria. Oltre il 40% della domanda totale di acqua è per usi domestici. Il Regno Unito ha solo un contesto regolamentare emergente per il settore del riutilizzo diretto o pianificato e norme specifiche per i casi di non riuso. |
| Turchia | Se le acque reflue urbane devono essere utilizzate nell'irrigazione agricola o in aree verdi, è necessaria la disinfezione. In caso di recupero diretto o indiretto, sono necessarie ulteriori alternative di trattamento come la tecnologia a membrana, il carbone attivo e l'ossidazione avanzata. |
| Paesi Bassi | Per stimolare il riutilizzo delle acque viene tassato l'uso di acqua dolce di falda, mentre l'uso di acque reflue trattate prevede l'applicazione di uno sconto. Nonostante queste misure, due grandi settori utilizzano solo acqua dolce di falda: agricoltura e stoccaggio di energia termica nelle città. |

Tab. 1 - Pratiche di riutilizzo dell'acqua nei paesi oggetto dello studio

2.1 Tecnologie utilizzate

Il riutilizzo dell'acqua deve prevedere un'adeguata gestione delle acque reflue garantendo la sicurezza di tale pratica, con la produzione di acqua di qualità adeguata che soddisfi i requisiti per gli usi finali e con un livello minimo di rischio per la salute umana e l'ambiente, che può essere raggiunto solo mediante l'uso di sistemi di trattamento delle acque e sistemi di distribuzione affidabili.

Quando le acque reflue trattate devono essere riutilizzate, è necessario un ulteriore trattamento, chiamato di affinamento, al fine di ridurre al minimo i rischi sanitari e ambientali e garantirne la qualità e l'idoneità all'uso previsto. Ogni tecnologia di affinamento ha le sue caratteristiche e di solito è necessario utilizzare una combinazione di due o più tecnologie per raggiungere i livelli di qualità dell'acqua richiesti. La scelta della tecnologia di affinamento deve tenere conto di diverse premesse, quali la qualità e la quantità di acqua da affinare, la qualità finale richiesta per l'uso specifico, il costo economico e l'impatto ambientale. Le tecnologie di affinamento possono essere classificate come intensive (convenzionali come le tecnologie a membrana e la disinfezione) e tecnologie estensive (non convenzionali come la fitodepurazione e i bacini di stabilizzazione).

Le principali tecnologie applicate nei paesi oggetto dello studio sono rappresentate in Tabella 2.

| | |
|--------------------|--|
| Italia | Tecniche di affinamento abbastanza consolidate e principalmente orientate alla rimozione degli SST e all'abbattimento del BOD ₅ . Principalmente si usano: microfiltri; filtri lenti e rapidi a sabbia; filtri a ghiaia su vasche di sedimentazione secondaria; carboni attivi. |
| Portogallo | Fase di disinfezione con radiazione UV e prima di questa una fase di filtrazione a sabbia o microfiltrazione. Ove giustificato, viene applicata una fase di post-clorazione per prevenire la ricontaminazione e/o lo sviluppo algale nei sistemi di distribuzione. Per i progetti in fase di sviluppo si iniziano a testare nuove tecnologie come le membrane di ultrafiltrazione. |
| Malta | Ultrafiltrazione, osmosi inversa, ossidazione avanzata e trattamento UV. Prima dell'erogazione viene aggiunta la calce per aumentare il livello di minerali. |
| Cipro | Trattamento terziario, costituito da filtrazione a sabbia e clorazione. Alcuni dei recenti impianti sono dotati di tecnologie avanzate come i bioreattori a membrane e la disinfezione UV. Il fango viene utilizzato come fertilizzante in agricoltura. |
| Regno Unito | Sedimentazione primaria e trattamento biologico secondario mediante filtri percolatori e fanghi attivi. Processi di trattamento avanzati prevedono la rimozione chimica del fosforo; nitrificazione-denitrificazione biologica; disinfezione UV. |
| Turchia | Gli effluenti degli impianti di trattamento sono utilizzati per l'irrigazione di parchi e giardini e vengono usati i bacini di stabilizzazione per scopi agricoli. |
| Paesi Bassi | Rimozione di materie grossolane e sabbia; sedimentazione, trattamento aerobico con fanghi attivi; rimozione di fosfati e azoto. Non è consentito utilizzare i fanghi su terreni agricoli senza trattamento. |

Tab. 2 - Tecnologie applicate nei paesi oggetto dello studio

Una volta che l'acqua è stata affinata, è generalmente necessario erogarla al punto di utilizzo. Ai fini della sua distribuzione, l'acqua affinata deve essere immagazzinata ed erogata utilizzando sistemi di stoccaggio ed erogazione che possono influire microbiologicamente e chimicamente sulla qualità dell'acqua. Questo è il motivo per cui i piani di sicurezza dell'acqua (PSA, Water Safety Plans) devono essere applicati anche al riuso delle acque e devono coprire l'intero sistema, dall'impianto al punto di utilizzo. La pianificazione degli schemi di riutilizzo dell'acqua è estremamente complessa e richiede un sistema di supporto alle decisioni (Decision Support System - DSS) che aiuti nel processo di pianificazione.

Tuttavia, l'impegno per un progetto di riutilizzo dell'acqua non dovrebbe concentrarsi solo sulla migliore tecnologia disponibile, che potrebbe portare alla promozione di soluzioni su misura che potrebbero non essere economicamente fattibili. Quindi, un nuovo concetto importante è l'approccio *fit-for-purpose* (adattato allo specifico impiego) che comporta la produzione di acqua affinata di qualità tale da soddisfare le esigenze degli utenti finali senza compromettere la salute umana e l'ambiente circostante. L'uso di strumenti di gestione del rischio è fondamentale per favorire la definizione della soluzione tecnica più adatta per ogni progetto di riutilizzo dell'acqua. L'uso combinato di soluzioni tecnologiche adeguate con ulteriori misure di minimizzazione del rischio consentirà lo sviluppo di progetti di riutilizzo dell'acqua fattibili e affidabili, con la produzione di acqua sicura ad un congruo prezzo, rispettando i principi dell'economia circolare.

2.2 Valutazione del rischio

Una delle maggiori preoccupazioni sul riutilizzo dell'acqua è la sua sicurezza per la salute umana e dell'ambiente. Un approccio basato sulla gestione del rischio è il modo migliore per proteggere la salute umana ed ambientale. Tale approccio è stato adottato nell'industria idrica nelle ultime edizioni delle Linee guida australiane sull'acqua potabile e delle Linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per la qualità dell'acqua potabile [8], che lo incorpora nei suoi piani di gestione del rischio.

Il piano di gestione del rischio viene utilizzato per sviluppare un PSA che descriva come il sistema di depurazione dell'acqua debba funzionare, come sia monitorato e gestito.

Il primo passo della valutazione del rischio consiste nel considerare sistematicamente tutti i pericoli che l'acqua affinata potrebbe potenzialmente porre alla salute umana o ambientale, individuare i molti percorsi di contaminazione e tutti i possibili scenari.

L'approccio proposto dall'OMS, ovvero il *Quantitative Microbiological Risk Assessment* (QMRA), è molto utile quando possono essere presenti usi potabili e assunzione diretta dell'acqua. Per usi non potabili e per i quali gli effetti dose-risposta non sono ben noti o non determinati, sono disponibili invece solo approcci semi-quantitativi o qualitativi.

Dal piano di gestione del rischio dovrebbe derivare un impianto basato sui principi di gestione del rischio che consenta di garantire che il sistema fornisca costantemente acqua affinata di qualità adeguata all'uso previsto, con un rischio minimo ragionevolmente praticabile per la salute umana e l'ambiente. Va sottolineato che l'implementazione del piano di gestione del rischio porterà alla soluzione più idonea in base agli usi previsti e all'ambiente circostante, e quindi al progetto più economicamente praticabile e promuoverà anche migliori obiettivi in termini di risorse a più lungo termine. Nella Tabella 3 sono riportati alcuni esempi e metodologie applicate di valutazione del rischio nei paesi oggetto dello studio.

| | |
|--------------------|---|
| Italia | Il piano di gestione del rischio non è menzionato nella normativa italiana come strumento da applicare, ma sono considerati parametri fisico-chimici aggiuntivi come metalli pesanti, nutrienti e sostanze organiche. |
| Portogallo | Il Portogallo sta preparando un nuovo regolamento per il riutilizzo dell'acqua per diversi scopi oltre all'irrigazione agricola in cui sarà incorporato un approccio di gestione del rischio. L'attuale processo di autorizzazione applica già in parte questo concetto e alcuni lavori di ricerca vengono condotti con approcci semiquantitativi per usi non potabili. |
| Malta | Il gestore dell'impianto redigerà un piano di gestione del rischio di riutilizzo dell'acqua basato su azioni chiave di gestione del rischio. I piani di sicurezza per il riutilizzo dell'acqua devono coprire l'intero sistema, dall'impianto al punto di utilizzo. |
| Cipro | Il Comitato Tecnico valuta i potenziali effetti ambientali delle attività di sviluppo pianificate relative alla progettazione, costruzione ed esercizio di reti fognarie e impianti di depurazione urbani nonché alla gestione delle acque reflue trattate per identificare e valutare gli impatti sull'ambiente e sulla salute pubblica. |
| Regno Unito | Sarà necessario un approccio appropriato basato sul rischio per il monitoraggio della qualità dell'acqua e la caratterizzazione dei bacini di raccolta delle acque reflue per informare le decisioni sui test di qualità dell'acqua potabile. |
| Turchia | Il piano di gestione del rischio non è menzionato nella regolamentazione turca come strumento che deve essere applicato dal paese. |
| Paesi Bassi | Nei Paesi Bassi non esistono requisiti standard per la valutazione del rischio per il riutilizzo delle acque reflue trattate. Il riutilizzo delle acque reflue trattate non è comunemente consentito. |

Tab. 3 – Valutazione del rischio (esempi e metodologie applicate) nei paesi oggetto dello studio

2.3 Monitoraggio

Per garantire che il rischio sia mantenuto il più basso possibile sono necessari idonei programmi di monitoraggio che possono essere distinti in tre categorie: validazione, eseguito una volta (inizialmente) per garantire che il progetto soddisfi i requisiti di progettazione, monitoraggio operativo per considerare la complessità dei sistemi operativi e la funzionalità infrastruttura-

le, e un monitoraggio di verifica, per convalidare la qualità dell'acqua del punto di vista dei requisiti legali.

In funzione dell'uso previsto, dovrebbero essere implementati almeno due tipi di programmi di monitoraggio, ovvero il monitoraggio operativo e il monitoraggio di verifica.

Nel caso di usi che richiedano un'acqua con un alto livello di qualità, dovrebbe essere eseguito anche un monitoraggio di validazione. Parametri tipici nei programmi di monitoraggio di validazione sono i parametri microbiologici (ad es. E. coli, uova di elminto o legionella), BOD₅, COD, SST, azoto e fosforo. A seconda della necessità di protezione dell'ambiente e dei risultati della valutazione del rischio, possono essere inclusi altri parametri come la salinità, la SAR o i metalli pesanti relativamente al suolo e alla protezione delle colture o, in base all'origine delle acque reflue, alcuni inquinanti emergenti. Nel nuovo Regolamento Europeo è previsto un programma di monitoraggio di validazione per progetti che richiedano un alto livello di qualità. Questo programma mira a garantire che le prestazioni del trattamento soddisfino tutti i requisiti di progetto e propone limiti *target* espressi in termini di prestazioni per specifici indicatori di microrganismi (batteri, virus e protozoi).

Nella Tabella 4 sono riportati alcuni esempi di monitoraggio nei paesi oggetto dello studio.

| | |
|--------------------|--|
| Italia | Gli standard non considerano una frequenza di analisi. Un programma di monitoraggio potrebbe prevedere un controllo qualitativo delle acque prima della distribuzione e nelle parcelle irrigate, con analisi del suolo e dei frutti irrigui. |
| Portogallo | Ogni autorizzazione viene rilasciata dall'autorità idrica e definisce un programma di monitoraggio specifico in base agli usi finali e alle caratteristiche dei corpi idrici. Se necessario, le autorità agricole possono definire la necessità del monitoraggio delle colture e/o del suolo. |
| Malta | Analisi per E. coli, BOD ₅ , SST, Torbidità e Legionella due volte a settimana. Ulteriori parametri, tra cui una serie di sostanze organiche, inquinanti emergenti, pesticidi e metalli vengono regolarmente analizzati. |
| Cipro | Analisi di BOD ₅ , COD, SST, metalli pesanti, fosforo e azoto, cloro residuo, sostanze prioritarie e patogeni. Ulteriori obblighi di monitoraggio sono stabiliti nell'autorizzazione per il monitoraggio delle acque sotterranee e del suolo nell'area irrigata, nonché delle acque superficiali e dell'acquifero, se pertinenti. |
| Regno Unito | Diversi anni di monitoraggio ambientale sono richiesti prima dell'avvio del sistema di trattamento, dimostrando che esso rispetterà l'obiettivo della direttiva quadro di nessun deterioramento. |
| Turchia | Le frequenze di monitoraggio sono definite a seconda delle classi su base continua, giornaliera o settimanale. |
| Paesi Bassi | Non esistono requisiti standard per il monitoraggio del riutilizzo delle acque reflue trattate. Il riutilizzo delle acque reflue trattate non è comunemente consentito. |

Tab. 4 – Esempi di monitoraggio nei paesi oggetto dello studio

2.4 Benchmarking delle buone pratiche e costi del riutilizzo dell'acqua

La valutazione delle pratiche correnti nei paesi oggetto dello studio non ha consentito di promuovere un benchmarking. Alcuni paesi hanno adottato una soluzione *fit-for-all* (universale, adatta per tutti i casi), ossia un'applicazione di tecnologie avanzate per fornire acque con una classe di qualità alta per uno scopo specifico, tipicamente l'irrigazione agricola (ad esempio, Malta e Cipro), mentre altri hanno promosso soluzioni diverse secondo gli usi previsti, *fit-for purpose*, come il Portogallo o la Turchia. La soluzione *fit-for-all* può essere applicabile a

bacini simili, con caratteristiche affini e quando è presente un singolo uso finale principale. Tuttavia, quando coesistono diversi usi finali con requisiti di qualità diversi, una soluzione *fit-for purpose* adattata alle specifiche esigenze presenti, rappresenta un'opzione migliore poiché consente di mirare gli sforzi laddove necessario.

Nella maggior parte dei paesi i dati disponibili sono al momento insufficienti per generare fasce di costo sulla base di scenari che forniscano un'indicazione ragionevole relativa all'investimento o ai costi operativi.

Un aspetto che necessita di ulteriori studi è quindi quello della valutazione del costo del riutilizzo dell'acqua e del modo in cui gli utenti finali sono coinvolti per garantire pratiche percorribili secondo i principi dell'economia circolare.

2.5 Principali ostacoli al riutilizzo dell'acqua

Nonostante vi siano esempi di riuso delle acque già sviluppati in molti paesi, un certo numero di ostacoli impediscono ancora, in Europa, una sua diffusa applicazione su scala globale.

I principali impedimenti individuati sono:

- Regolamenti/Linee guida sul riutilizzo dell'acqua incoerenti o inadeguati, con conseguenti ritardi ed errori di valutazione;
- alcuni ostacoli commerciali nell'Unione Europea per prodotti agricoli irrigati con acqua affinata, dal momento che una volta sul mercato comune il livello di sicurezza adottato nei paesi produttori può non essere considerato sufficiente nei paesi importatori;
- metodi incoerenti e inaffidabili per identificare e ottimizzare le tecnologie di trattamento appropriate delle acque reflue per applicazioni di riuso, che siano in grado di bilanciare le esigenze di uso di processi sostenibili;
- basso prezzo dell'acqua dolce se comparato a quello dell'acqua affinata in particolare e, secondariamente, alto costo del trattamento per la produzione di acqua adatta al riuso (barriera economica);
- distanza tra gli impianti di trattamento delle acque e i siti nei quali l'acqua viene utilizzata;
- difficoltà di definizione e selezione di tecniche efficaci di monitoraggio e di tecnologie per l'intero sistema;
- *business model* per sistemi di riutilizzo dell'acqua e mercati per l'acqua poco sviluppati;
- scarsa propensione a livello pubblico e di governo verso il riutilizzo dell'acqua;
- mancanza di incentivi finanziari per i sistemi di riutilizzo.

3. Conclusioni

Sebbene l'uso di acqua affinata sia una pratica accettata in diversi paesi, l'adozione di soluzioni di riutilizzo rimane limitata rispetto al suo potenziale. Il confronto tra le pratiche correnti può aiutare a identificare le migliori opzioni di gestione e autorizzazione e anche ad identificare i problemi relativi alla futura regolamentazione già in una fase iniziale.

I risultati del lavoro hanno dimostrato che l'uso di acqua affinata sta aumentando la sua importanza in Europa e quindi è necessaria una migliore comprensione della pratica per evitare rischi diretti e indiretti per la salute umana e l'ambiente.

Tuttavia, dalla raccolta di risultati su casi pratici, visite in loco e confronti, è chiaro che alcuni dati sono ancora mancanti e devono essere sviluppate ulteriori ricerche. Una più profonda comprensione delle soluzioni pratiche esistenti, in particolare in termini di valutazione del rischio, sarebbero utili per chiarire il livello di rischio reale attualmente in atto.

Gli aspetti critici identificati sono relativi all'uso corrente di approcci *fit-for all* (universali, adatti per tutti i casi) in cui i progetti sono definiti dal livello della struttura di trattamento, ove tale approccio può compromettere l'attuale tendenza all'uso di approcci *fit-for purpose*, in cui i requisiti di trattamento combinati con misure preventive e l'applicazione di un concetto

multibarriere sono definiti per soddisfare le esigenze degli utenti finali e i requisiti ambientali in atto.

È però necessario comprendere meglio le *best practice* per chiudere il ciclo di utilizzo dell'acqua, poiché le misure abituali come la riduzione del consumo di acqua dolce e il riutilizzo diretto possono influire su altri aspetti del ciclo, come l'aumento dei carichi nelle acque reflue prima del trattamento che possono a loro volta portare a un maggiore fabbisogno di energia, maggiori emissioni di CO₂, l'aumento del rischio di inefficacia dei trattamenti depurativi ed il conseguente deterioramento dell'ambiente naturale. Pertanto, è necessario un approccio integrato dell'uso dell'acqua per garantirne un corretto utilizzo che contribuisca al mantenimento del suo buono stato e garantisca un idoneo passaggio all'economia circolare.

Bibliografia

- [1] **Regolamento (UE) 2020/741** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua.
- [2] **JRC (2014) Alcalde-Sanz L., Gawlik B. M.** Water Reuse in Europe. Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation – A synoptic overview, EUR 26947 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, ISSN 1831-9424 (online), doi:10.2788/29234, JRC 92582.
- [3] **International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-1:2015** – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: The basis of a reuse project for irrigation, International Organization for Standardization, Geneva.
- [4] **International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-2:2015** – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project, International Organization for Standardization, Geneva.
- [5] **International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-3:2015** – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 3: Components of a reuse project for irrigation, International Organization for Standardization, Geneva.
- [6] **International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-4:2016** – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 4: Monitoring, International Organization for Standardization, Geneva.
- [7] **Rebelo A., Farabegoli G., Andreotti F., Balmer J., Vella M., Van Tunen R., Gunput S., Perikenti S., Ece P. (2018)**. Report on Urban Water Reuse. IMPEL Project on Integrated Water Approach and Urban Water Reuse. Report adopted at IMPEL General Assembly on December 2018, Austria.
- [8] **WHO (2004)**. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, Geneva, CH.

Valutazione delle potenzialità di riuso irriguo delle acque reflue depurate per l'area emiliana

*Paolo Mantovi p.mantovi@crpa.it, Massimo Bonacini
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, Reggio Emilia
Roberto Belli, Lorena Guglielmi – IRETI SpA, Reggio Emilia*

Riassunto

È stato valutato in quali contesti delle tre province emiliane di Reggio Emilia, Parma e Piacenza potrebbe risultare più opportuno avviare nuovi investimenti e attività finalizzate al recupero e riuso irriguo delle acque reflue, prendendo in considerazione sia lo stato degli impianti di depurazione che le condizioni delle aree agricole che potrebbero ricevere le acque.

Dal confronto diretto con il personale dei quattro Consorzi di Bonifica interessati è scaturito un quadro piuttosto interessante che vede l'indicazione chiara di alcuni impianti grandi / medio grandi come prioritari in una futura programmazione di interventi.

Inoltre, in tutte e tre le province si trovano dei depuratori di medie dimensioni per cui il recupero e riuso potrebbe risultare opportuno per alleviare situazioni di scarsità idrica e per permettere di prolungare la durata della stagione irrigua, senza gravare ulteriormente sui costi del sollevamento da Po, un'esigenza che si sta dimostrando sempre più frequente con il manifestarsi dei cambiamenti climatici.

Nel complesso, il potenziale di recupero delle acque reflue dai depuratori grandi e medi dell'area (complessivamente una decina), risulta di oltre 20 milioni di metri cubi per anno da sommare ai 5-6 milioni di metri cubi per anno già recuperati dal depuratore di Mancasale, a Reggio Emilia.

Summary

It has been evaluated in which contexts of the three provinces of Reggio Emilia, Parma and Piacenza it could be more appropriate to start new investments and activities aimed at the recovery and reuse of wastewater for irrigation purposes, taking into account both the state of the wastewater treatment plants (WWTPs) and the conditions of the agricultural areas that could receive the water.

a rather interesting picture has emerged from the discussion with the staff of the four Land Reclamation Consortia involved, with a clear indication of some large / medium large plants as priorities in a future planning of interventions.

In addition, in all three provinces there are medium-sized treatment plants for which the recovery and reuse could be appropriate to alleviate conditions of water scarcity and to allow to extend the duration of the irrigation season, without further burden on the costs of pumping from the Po river, a need that is proving to be increasingly frequent with the occurrence of climate change events.

Overall, the potential for wastewater recovery from the area's large and medium WWTPs (a total of about ten) is over 20 million cubic meters per year, to be added to the 5-6 million cubic meters per year already recovered from the Mancasale WWTP in Reggio Emilia.

1. Introduzione

Il riutilizzo irriguo delle acque reflue urbane depurate dovrebbe permettere di ridurre la pressione significativa che il settore agricolo esercita sulle risorse idriche, promuovendo la transizione verso modelli produttivi incentrati sul concetto di economia circolare, attualmente alla base di molte politiche ambientali e di sviluppo sostenibile.

L'esperienza di recupero e riuso delle acque reflue portata avanti dal 2016 a Reggio Emilia (Mancasale) permette già oggi di indirizzare ai fini irrigui sino a quasi 6 milioni m³/anno, senza peraltro disporre di un bacino di accumulo. L'analisi dei principali parametri chimico-fisici e biologici ha confermato il continuo corretto funzionamento dell'impianto e gli agricoltori interessati al riuso si ritengono soddisfatti [1].

Stanti questi buoni risultati, e tenuto conto della recente approvazione del Regolamento (UE) 2020/741 per il riutilizzo irriguo [2], assieme al Green Deal europeo, anche nell'area emiliana dovrebbe essere ulteriormente favorita la transizione verso un'economia circolare dell'acqua, attraverso il recupero e riutilizzo dei reflui provenienti da altri impianti di depurazione, così riducendo l'estrazione diretta dai corpi idrici e dalle falde acquifere.

Il presente paper sintetizza alcuni risultati di uno studio, commissionato al CRPA dal gestore degli impianti di depurazione IRETI, che ha valutato in quali contesti delle tre province emiliane di Reggio Emilia, Parma e Piacenza potrebbe risultare più opportuno avviare nuovi investimenti e attività finalizzate al recupero e riuso irriguo delle acque reflue.

2. Relazione

Impianti di depurazione potenzialmente interessati al recupero e riuso

Lo studio ha preso in considerazione sia lo stato degli impianti di depurazione segnalati da IRETI come potenzialmente interessanti per il riuso che le condizioni delle aree agricole che potrebbero ricevere la acque, denominate nel seguito come 'aree sottese'.

Per la valutazione degli aspetti di tipo idraulico ed agricolo collegati agli scarichi dei depuratori in caso di possibile riuso irriguo delle acque reflue, le informazioni sono state recuperate con la collaborazione del personale dei quattro consorzi di bonifica che gestiscono i territori interessati nello studio: Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, Consorzio della Bonifica Parmense, Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in Destra Po, Consorzio di Bonifica di Piacenza.

Sono stati presi in considerazione n. 9 impianti di depurazione in provincia di Reggio Emilia, n. 6 in provincia di Parma e n. 4 in quella di Piacenza. Questi sono elencati nella tabella che segue, con le principali caratteristiche tecniche.

| Nome impianto | Tipologia di funzionamento | Abitanti equivalenti (progetto) | Portata al biologico (m ³ /giorno) | Corpo idrico recettore | Bacino idrografico |
|---------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|--------------------|
| Roncocesi (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 150.000 | 20.470 | San Silvestro | Crostolo |
| Rubiera (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 45.000 | 11.050 | Cavo Tassarola | Secchia |
| Reggiolo Nuovo (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 58.000 | 10.586 | Acque basse | Po |

Segue

| Nome impianto | Tipologia di funzionamento | Abitanti equivalenti (progetto) | Portata al biologico (m ³ /giorno) | Corpo idrico recettore | Bacino idrografico |
|------------------------|---|---------------------------------|---|-------------------------------|--------------------|
| Salvaterra (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 25.000 | 5.640 | Rio Canalazzo | Secchia |
| San Martino Nuovo (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti e stabilizzazione aerobica dei fanghi | 15.000 | 3.015 | Cavo Traiolo | Secchia |
| Meletole (RE) | Fanghi attivi con stabilizzazione aerobica dei fanghi e rimozione nutrienti | 10.000 | 2.460 | Cavo Meletole | Crostolo |
| Le Forche (RE) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti e stabilizzazione aerobica dei fanghi | 20.000 | 2.621 | Torrente Crostolo | Crostolo |
| Guastalla Nord (RE) | Fanghi attivi con stabilizzazione aerobica dei fanghi | 12.000 | 2.690 | Cavo Zenzalino | Po |
| Guastalla Sud (RE) | Fanghi attivi con rimozione dell'azoto e stabilizzazione aerobica dei fanghi | 12.000 | 2.773 | Canale Dugale | Po |
| Parma Est (PR) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 180.000 | 41.958 | Canale Naviglio | Parma |
| Parma Ovest (PR) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti e stabilizzazione anaerobica dei fanghi | 168.000 | 26.194 | Canale Abbeveratoia o Galasso | Parma |
| Collecchio (PR) | Fanghi attivi con rimozione dell'azoto | 20.000 | 2.890 | Rio Manubiola | Taro |

Segue

| Nome impianto | Tipologia di funzionamento | Abitanti equivalenti (progetto) | Portata al biologico (m ³ /giorno) | Corpo idrico recettore | Bacino idrografico |
|--------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------------|--------------------|
| Felino (PR) | Fanghi attivi con stabilizzazione anaerobica dei fanghi | 50.000 | 6.195 | Rio Silano | Baganza |
| Fontevivo (PR) | Fanghi attivi con rimozione dell'azoto | 16.000 | 3.375 | Torrente Recchio | Taro |
| Monticelli (PR) | Fanghi attivi con stabilizzazione aerobica dei fanghi | 20.000 | 700 | Rio Arianazzo | Enza |
| Borgoforte (PC) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti e stabilizzazione anaerobica dei fanghi | 163.333 | 31.909 | Fiume Po | Po |
| Fiorenzuola (PC) | Fanghi attivi con rimozione dei nutrienti | 21.500 | 2.682 | Canale Mulino di Fiorenzuola | Arda |
| Castel San Giovanni (PC) | Fanghi attivi con MBR | 18.000 | 1.793 | Rio Carona | Carona Boriaccio |
| San Nicolò (PC) | Fanghi attivi con stabilizzazione aerobica dei fanghi | 16.000 | 2.600 | Fiume Trebbia | Trebbia |

Tab. 1 – *Principali caratteristiche tecniche degli impianti considerati nello studio*

Nella provincia di Reggio Emilia, oltre all'impianto di Mancasale che come riportato in premessa permette già oggi il recupero e riuso irriguo di quasi 6 milioni di metri cubi per stagione irrigua, si trova un impianto di medio-grandi dimensioni (Roncocesi), che potrebbe garantire circa 2,5 milioni di metri cubi di acque recuperate in stagione irrigua, considerando 120 giorni di utilizzo.

Altri due impianti (Rubiera e Reggiolo Nuovo) hanno dimensioni medie, con possibilità di recupero di poco più di 1 milione di metri cubi per ciascuno dei due depuratori.

Gli altri impianti hanno dimensioni minori e garantirebbero recuperi inferiori al mezzo milione di metri cubi per ciascun depuratore, se si eccettua Salvaterra che potrebbe superare tale soglia collocandosi poco sopra i 600 mila metri cubi in 120 giorni.

Nella provincia di Parma troviamo un impianto di grandi dimensioni (Parma Est), che potrebbe garantire circa 5 milioni di metri cubi di acque reflue recuperate in stagione irrigua, considerando 120 giorni di utilizzo, e un impianto di medie-grandi dimensioni (Parma Ovest), con la possibilità di recuperare altri 3 milioni di metri cubi di acque in stagione irrigua.

Un altro impianto (Felino) ha dimensioni medie, con possibilità di recupero di 700 mila metri cubi, mentre gli altri hanno dimensioni minori e garantirebbero recuperi inferiori al mezzo milione di metri cubi per ciascun depuratore, se si eccettua Monticelli che attualmente è sotto

i 100 mila metri cubi (ma con progetto di ampliamento sino a 20-25 mila abitanti equivalenti). In provincia di Piacenza si trovano un impianto di medio-grandi dimensioni (Borgoforte), che potrebbe garantire circa 4 milioni di metri cubi di acque reflue recuperate in stagione irrigua, considerando 120 giorni di utilizzo, e altri tre impianti di dimensioni decisamente inferiori, con la possibilità di recuperare poco meno di 1 milione di metri cubi di acque in stagione irrigua considerandoli tutti e tre assieme.

È interessante notare che dal punto di vista chimico-fisico le caratteristiche delle acque di scarico di quasi tutti i depuratori già oggi appaiono piuttosto adeguate al recupero e riuso, in particolare se si considerano i limiti fissati dal nuovo regolamento europeo citato in premessa, ovvero:

- SST ≤ 10 mg/l e BOD ≤ 10 mg/l, per rientrare in

Classe A – obiettivo tecnologico indicativo trattamento secondario, filtrazione e disinfezione

- Tutte le colture alimentari da consumare crude la cui parte commestibile è a diretto contatto con le acque affinate e le piante da radice da consumare crude

- Tutte le tecniche di irrigazione

Per cui però *Escherichia coli* dovrà risultare ≤ 10 ufc/100 ml

Oppure

- SST ≤ 35 mg/l (oltre 10.000 AE) o ≤ 70 mg/l (2.000-10.000 AE) e BOD ≤ 25 mg/l, per

Classe B – obiettivo tecnologico indicativo trattamento secondario e disinfezione

- Colture alimentari da consumare crude la cui parte commestibile è prodotta al di sopra del livello del terreno e non è a diretto contatto con le acque affinate, colture alimentari trasformate e colture non alimentari, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne

- Tutte le tecniche di irrigazione

Per cui però *Escherichia coli* dovrà risultare ≤ 100 ufc/100 ml

Sarà quindi da valutare se e quale tipo di trattamento terziario converrà proporre nelle diverse situazioni, a prescindere dal trattamento di disinfezione sempre necessario.

2.2 Considerazioni sugli impianti di dimensioni maggiori

Gli impianti di maggiori dimensioni, anche a parere dei Consorzi di Bonifica interpellati, sarebbero da considerare come prioritari nella prospettiva di attivare il recupero e riuso delle acque reflue della depurazione.

Per Roncocesi (RE) l'areale irriguo potenziale sotteso è di circa 2.000 ettari, di cui un migliaio irrigui, e le colture prevalenti sono il prato stabile, l'erba medica, il mais. Non necessiterebbero nuove opere di allaccio alla rete irrigua.

Parma Est vede un areale irriguo sotteso di circa 1.800 ettari, Parma Ovest di circa 2.100 ettari, e in entrambi prevalgono coltivazioni di erba medica irrigata generalmente per aspersione (oltre 1.000 ha in ciascuno dei due areali), mais anch'esso irrigato per aspersione e pomodoro da industria generalmente irrigato a goccia. Altre foraggere irrigue, barbabietola da zucchero, soia e qualche orticola completano la maggioranza delle colture irrigue.

I volumi irrigui complessivi distribuiti sono stati stimati intorno a 10,3 milioni di metri cubi per stagione irrigua nel distretto Est, servito dal Canale Naviglio Navigabile, e 8,5 nel distretto Ovest, servito dal Canale Galasso. Quindi l'integrazione delle acque reflue dei due depuratori, che potrebbe aggirarsi sui 5 milioni di metri cubi per Parma Est e 3 milioni per Parma Ovest, considerando 120 giorni utili per stagione irrigua, sarebbe decisamente significativa per entrambi gli areali sottesi.

Per la provincia di Parma il locale Consorzio di Bonifica guarda con molto interesse anche alla realizzazione del nuovo depuratore di area vasta Montechiarugolo, in considerazione sia della sua media dimensione che della cronica scarsità di risorsa idrica superficiale nei distretti irri-

gui sottesi al torrente Enza. Si tratta infatti dell'unico depuratore di dimensioni significative in Val d'Enza (in sponda reggiana gli scarichi dei comuni dell'alta pianura vengono collettati al depuratore di Roncocesi). Di questa azione di potenziale recupero e riuso dovrà tenere certamente conto lo studio in corso sulla risorsa idrica in Val d'Enza a cura dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Per Borgoforte (PC) si è già ipotizzato un trattamento terziario collocabile in un'area antistante le due vasche di trattamento finale già oggi esistenti. Per la destinazione irrigua invece, da parte del Consorzio di Bonifica di Piacenza sono state esplorate due opzioni, in sintesi: asservire un'area agricola a gravità

Si tratterebbe di una parte del distretto irriguo di Mortizza, con una superficie di circa 1.500 ettari. È stato stimato che le acque reflue scaricate dal depuratore possano coprire l'intero fabbisogno irriguo di quest'area. Tra le colture irrigue prevalenti abbiamo il pomodoro e il mais che assieme a soia ed erba medica esprimono quote dell'80-90% dei fabbisogni irrigui. asservire un'area agricola con sollevamento (rispetto alla quota di scarico del depuratore)

In questo caso il punto più a monte dell'area si collocherebbe a circa 8 km dal depuratore e ad una quota altimetrica superiore di circa 15 m in direzione sud-est. Si tratta di un'area di oltre 3.000 ettari caratterizzata da maggiore difficoltà di reperimento della risorsa idrica, in cui dovrebbero risultare massimizzati i vantaggi economici del riuso irriguo.

Si è prevista quindi l'installazione di una stazione di pompaggio all'interno dell'area del depuratore e relativa condotta di mandata che trasporterebbe le acque reflue recuperate sino alla zona di distribuzione irrigua individuata in vicinanza del torrente Nure.

È stata inoltre valutata la possibilità di impiegare la tubazione, nel periodo non irriguo, in funzionamento 'inverso', ovvero come condotta forzata per permettere di turbinare una portata prelevata dal torrente Nure. Così la stessa tubazione sarebbe utilizzata per i 3-4 mesi della stagione irrigua per il sollevamento delle acque reflue recuperate e per la restante parte dell'anno per la produzione di energia idroelettrica rinnovabile. L'acqua in uscita defluirebbe quindi nel fiume Po attraverso il canale attualmente utilizzato per lo scarico dei reflui. L'analisi idrologica del torrente Nure ha già assicurato il mantenimento e la salvaguardia dello stato quali-quantitativo delle acque in quanto nei mesi non estivi la sua portata risulta decisamente maggiore di quella derivata per la produzione idroelettrica.

L'iniziativa idroelettrica è stata valutata come conveniente, visto il modesto investimento che richiederebbe l'installazione opera di presa – centralina rispetto alla produzione elettrica che ne conseguirebbe. La producibilità media attesa dall'idroelettrico compenserebbe in buona parte, seppure non del tutto, i consumi energetici stimati per il riuso irriguo.

3. Conclusioni

Il presente studio ha valutato in quali altri contesti delle tre province emiliane di Reggio Emilia, Parma e Piacenza potrebbe risultare più opportuno avviare nuovi investimenti e attività finalizzate al recupero e riuso irriguo delle acque reflue, prendendo in considerazione sia lo stato degli impianti di depurazione, segnalati da IRETI come potenzialmente interessanti per il riuso (complessivamente una ventina per le tre province), che le condizioni delle aree agricole che potrebbero ricevere le acque.

Dal confronto diretto con il personale dei quattro Consorzi di Bonifica interessati è scaturito un quadro piuttosto interessante che vede l'indicazione chiara di alcuni impianti grandi / medio-grandi come prioritari in una futura programmazione di interventi.

In particolare si tratta dei depuratori di Roncocesi a Reggio Emilia, Parma Est a Parma e Borgoforte a Piacenza. Su quest'ultimo si è già proceduto a valutare il possibile recupero e riuso irriguo delle acque reflue, a partire dai primi anni 2000, ipotizzando come trattamento terziario un sistema di filtrazione a letti di sabbia seguito da sterilizzazione a raggi UV (tipo

Mancasale), mentre per la destinazione irrigua sono state esplorate due opzioni, ovvero di as-servire un'area agricola a gravità oppure un'area agricola di maggiori dimensioni e fabbisogni, ma con sollevamento delle acque.

La provincia di Parma appare oggi in generale come particolarmente “sofferente” rispetto agli approvvigionamenti da corpi idrici superficiali ai fini irrigui, con un limitato prelievo sia da Po, legato all'impianto di Ongina che non intercetta elevati volumi idrici, che dai torrenti appenninici (Enza, Parma e Taro – privi di invasi) in caso di applicazione del DMV. L'area agricola che sarebbe sottesa al depuratore di Parma Est, collocata a nord-est della città e sud-est di Colorno, viene indicata come maggiormente problematica per gli approvvigionamenti idrici rispetto all'area sottesa al depuratore di Parma Ovest, dove invece si intercettano ancora acque della zona delle risorgive, indicativamente all'altezza del tratto autostradale A1. La coltivazione di prodotti ad alto valore come il pomodoro da industria o il basilico sta contribuendo allo sfruttamento di acque anche molto profonde e con ridotta capacità di rigenerazione (Gruppo Acquifero C).

Inoltre, in tutte e tre le province si trovano dei depuratori di medie dimensioni per cui il recupero e riuso potrebbe risultare opportuno per alleviare situazioni di scarsità idrica e per permettere di prolungare la durata della stagione irrigua, senza gravare ulteriormente sui costi del sollevamento da Po, una esigenza che si sta dimostrando sempre più frequente con il manifestarsi dei cambiamenti climatici. Si tratta in particolare dei depuratori di Rubiera, Salvaterra e Reggiolo in provincia di Reggio Emilia, Felino e Fontevivo a Parma (oltre all'impianto in progetto di Montechiarugolo), mentre in provincia di Piacenza le portate dei depuratori dislocati su territorio provinciale sono abbastanza modeste (Fiorenzuola, San Nicolò), pur comprendendo talvolta delle aree sottese che necessiterebbero di integrazione della risorsa e prolungamento della stagione irrigua, nonostante si avvantaggino anche degli invasi realizzati sui torrenti appenninici in questa provincia (diga di Mignano sull'Arda, diga del Brugneto in territorio ligure del Trebbia, diga del Molato sul Tidone).

Nel complesso, se si portassero avanti nuovi investimenti e attività finalizzate al recupero delle acque reflue dei depuratori grandi e medi sopra citati (complessivamente una decina), si potrebbero destinare al riuso irriguo in area emiliana oltre 20 milioni di metri cubi per anno, da sommare ai 5-6 milioni di metri cubi per anno già recuperati dal depuratore di Mancasale, a Reggio Emilia [1].

Bibliografia

[1] Mantovi P., Piccinini S., Calone R., Canovi L., Zanetti P. (2019). Valutazione ex post del recupero e riuso ai fini irrigui di acque reflue della depurazione civile alla scala reale. ECOMONDO 2019, Atti dei convegni aperti a call for papers a cura di Fabio Fava, Maggioli Editore, 205-212.

[2] REGOLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 maggio 2020, recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

WATER CYCLE MANAGEMENT AND VALORIZATION

DIGITALIZZAZIONE E INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER MONITORARE E OTTIMIZZARE LA SICUREZZA, LA RESILIENZA E LA SOSTENIBILITÀ DELLE INFRASTRUTTURE IDRICHE URBANE E INDUSTRIALI

L'acqua è stata identificata come un rischio strutturale chiave per la nostra società ormai da 9 anni con uno dei 5 livelli più gravi di impatto. Nel 2020 l'epidemia di coronavirus e la crisi idrica stanno mettendo a dura prova anche la preparazione delle infrastrutture idriche critiche e degli operatori dei servizi idrici, che si trovano ad affrontare sfide relative alla qualità e alla quantità dell'acqua. Inoltre, nel dicembre 2019 la valutazione della direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane ha messo in luce le principali questioni in sospeso da affrontare, dopo 25 anni di attuazione. In uno scenario così complesso, abbiamo bisogno di un passaggio di paradigma verso una società idrica intelligente sostenibile e circolare, dalla gestione delle crisi alla gestione e prevenzione dei rischi. Bisogna investire nella qualità dell'acqua per migliorare la salute, l'ambiente e aprire nuove opportunità commerciali nell'intera economia. È necessario mantenere standard di alta qualità, monitorare i patogeni e gli inquinanti emergenti, estendere la disinfezione degli scarichi, insieme a forti investimenti nella digitalizzazione che possono consentire una migliore sicurezza, protezione, resilienza e sostenibilità del settore idrico.

La sessione presenta un contributo relativo a tali tematiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e IRSA-CNR, Università Politecnica delle Marche, Università di Brescia, Water Europe (tbc), H2020 ULTIMATE Consortium, H2020 DWC Consortium, UTILITALIA (tbc)**

Presidenti di sessione:

- Giorgio Bertanza, *Università di Brescia*
- Renato Drusiani, *Utilitalia*

CONSTANCE

COntrollo iNtelligente e geSTione Automatizzata per il trattameNto di aCque rEflue

*Luca Luccarini luca.luccarini@enea.it, Fabrizio Paolucci – ENEA TERIN SEN CROSS,
Bologna
Francesco Avolio – Direzione Acqua - HERA SpA Bologna*

Riassunto

Il presente lavoro descrive un sistema per la gestione intelligente e il controllo automatizzato di impianti di depurazione brevettato da ENEA e i risultati ottenuti dalla sua installazione su un impianto reale. Il sistema, per ridurre i costi di realizzazione e rendere l'installazione economicamente sostenibile anche per gli impianti medio-piccoli, utilizza sensori robusti ed economici per la misura di segnali indiretti (pH e potenziale redox). In particolare, sono incrementati l'efficienza energetica del sistema di aerazione dell'impianto di depurazione, responsabile mediamente di circa il 50% dei consumi energetici degli impianti di depurazione e l'efficienza del processo di rimozione di azoto totale e COD, attraverso il controllo run time delle condizioni di processo e dello stato di funzionamento dall'impianto istante per istante. Il sistema è in fase di testing e validazione sull'impianto municipale di Granarolo dell'Emilia (Bo).

Summary

This work describes a patented system for intelligent management and automated control of wastewater treatment plants (WWTPs). The system uses robust and cheap probes to measure indirect signals, such as pH and redox potential (ORP), in order to reduce the construction costs and make the installation economically sustainable even for medium-small plants, until 20000 PE, usually without any control tool. In particular are increased the energy efficiency of the aeration system, responsible on average for about 50% of the energy consumption of the of the wastewater treatment plants, also greatly affecting the general management costs, and the efficiency of the pollutants removal process, estimating run-time the process conditions and operative state of the plant, ensuring low concentration of total nitrogen at the discharge. The system is currently working on the municipal WWTP of Granarolo dell'Emilia near Bologna.

1. Introduzione

I sistemi di trattamento delle acque reflue, oltre a dover soddisfare dei requisiti di qualità all'effluente molto stringenti, devono garantire una soddisfacente efficienza energetica e si stima che circa l'1% del consumo energetico nazionale sia legato alla depurazione delle acque. Dai costi medi operativi ed energetici degli impianti di depurazione si evince che l'energia consumata per l'aerazione del comparto ossidativo è circa la metà del totale, corrispondente a circa il 20% dei costi operativi totali[1]. È evidente che il risparmio nella gestione degli

impianti passa dalla regolazione automatica del sistema di aerazione. Gli impianti, normalmente sovradimensionati per potere rispondere adeguatamente anche alle situazioni di carico peggiore, forniscono mediamente prestazioni giornaliere accettabili in termini di qualità dello scarico, a scapito però di una bassa efficienza energetica, essendo le condizioni di funzionamento dell'impianto sempre le stesse in qualunque condizione di carico. Riguardo gli impianti di dimensione medio-piccola (fino a 20000 AE), per i quali le variazioni del carico in ingresso tra le ore diurne e quelle notturne sono molto elevate e la strumentazione installata a volte inesistente [2], risulta che, pur avendo un costo specifico (€/m³) superiore ai grandi impianti [3] e una numerosità di circa il 90% del totale (fonte ISTAT), spesso, per non aumentare i costi operativi a causa del loro alto costo, non è prevista alcuna installazione di sistemi di controllo. Per ovviare al problema Enea ha brevettato Constance [4], un sistema di controllo con bassi costi di installazione per impianti a fanghi attivi convenzionali a flusso continuo (CAS) (notoriamente i più utilizzati), utilizzando unicamente sensori economici e robusti per la misura di pH, potenziale redox (ORP) e ossigeno disciolto (DO), sfruttando la correlazione esistente tra le dinamiche di questi segnali e quelle dei processi biologici [5] e [6]. Constance è in grado di ridurre sensibilmente i consumi del sistema di aerazione dell'impianto e diminuire le concentrazioni di azoto totale e COD allo scarico, grazie a semplici ma efficaci strategie per il controllo dei processi di nitrificazione e di denitrificazione. Sviluppato in tempi diversi su due impianti in scala pilota alimentati con refluo sintetico, il primo, e con refluo reale, il secondo, Constance ha prodotto risultati che dimostrano miglioramenti medi dell'efficienza energetica di circa il 30%, mantenendo sempre una buona efficienza depurativa anche quando le condizioni ambientali sono notoriamente avverse ad un buon funzionamento degli impianti. Constance, brevettato prima in Italia ed ora anche in Europa, è attualmente in fase di test su una delle due linee (la più piccola) del depuratore di Granarolo dell'Emilia (Bo) di Hera SpA.

2. Relazione

Constance permette di aumentare l'efficienza energetica acquisendo ed elaborando unicamente i segnali pH potenziale redox (ORP) e DO, diminuendo i consumi del sistema di aerazione dell'impianto, grazie ad un'insufflazione di aria in vasca di ossidazione, regolata con un controllore PID sulla misura del DO a set-point variabile, sempre proporzionale alle reali condizioni di processo. L'analisi dei segnali di pH e DO in vasca di ossidazione predice le condizioni di carico in ingresso, determinando il valore del set-point del regolatore PID, il cui valore è impostato a 2 mg/l quando il carico è elevato, 1.5 mg/l quando il carico è considerato medio e 1 mg/l quando il carico è basso, tipicamente nelle ore notturne. Tali valori, determinati con attività di simulazione matematica, sono conservativi e tra i risultati attesi è prevista la loro diminuzione. Il corretto funzionamento del processo di rimozione dell'azoto, invece, è ottenuto attraverso l'analisi dei segnali di pH e ORP in vasca anossica, che permette la predizione dello stato operativo del processo di denitrificazione, stabilendo le azioni che devono essere attuate sulla pompa di ricircolo interno.

2.1 Descrizione di Constance

L'infrastruttura del sistema è basata su ESB (Enterprise Service Bus), un middleware utilizzato per sistemi distribuiti in rete, capace di abilitare la comunicazione e l'instradamento dei moduli quando alcuni eventi opportunamente catalogati si verificano [7]. L'infrastruttura ha lo schema logico mostrato in figura 1 ed offre, tra le altre, le seguenti funzionalità:

- La misura e l'acquisizione dei segnali provenienti dai sensori (Measurements);
- L'interfaccia di controllo per attuare le condizioni operative impostate dalle politiche di gestione individuate dal controllore (Actuations);
- La memorizzazione persistente di tutte le serie temporali (Storage);

- L'esecuzione di tutti gli algoritmi di machine learning per implementare logiche e strategie di controllo, diagnosi e supporto alle politiche decisionali (Machine learning algorithms);

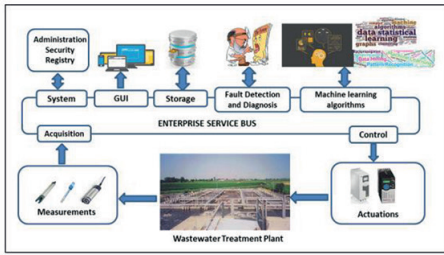


Fig. 1 – Schema logico Constance

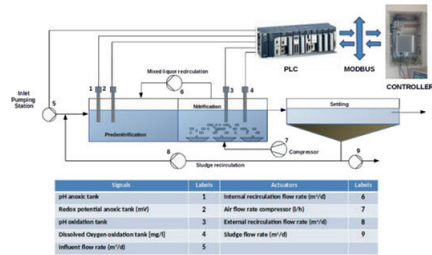


Fig. 2 – Constance: layout impianto

L'uso dei segnali indiretti, quali pH, ORP e DO, direttamente correlabili con gli andamenti dei processi di denitrificazione e nitrificazione costituisce un'innovazione per gli impianti a flusso continuo convenzionali. Per modellare le politiche di gestione si sono utilizzate tecniche di machine learning, quali la classificazione e la regressione dei segnali, mentre per la loro esecuzione sono stati adottati sistemi a regole, mutuati dagli esperti del dominio.

2.2 Installazione di Constance sull'impianto

Il controllore è stato installato sull'impianto di depurazione municipale di Granarolo dell'Emilia (Bo). L'impianto ha una potenzialità di 9500 AE, portata giornaliera di 2400 m³/d ed è composto di due linee. È provvisto di un partitore in testa all'impianto che provvede ad alimentare una linea con il 35% della portata e l'altra con il 65%. In tal modo una linea ha una potenzialità di 3325 AE, mentre l'altra di 6175 AE. Constance sta funzionando sulla linea più piccola.

Il montaggio di Constance, il cui layout è mostrato in figura 2, ha richiesto l'installazione dei sensori per la misura di pH e ORP in vasca anossica e di pH e DO in vasca di ossidazione, l'installazione dell'inverter per la variazione della velocità della soffiante e l'installazione del PC industriale su cui è installato il controllore e implementazione della comunicazione con il PLC dell'impianto, implementata con protocollo ModBus. Dopo l'avviamento sono stati acquisiti dati di test sui quali è stato poi verificato e adattato il modello generale del sistema, simulando le risposte al variare delle condizioni di esercizio. Raggiunta la stabilità operativa e tarati i parametri sul funzionamento specifico dell'impianto, il controllore è entrato nella sua fase di esercizio normale.

2.3 Stima del carico in ingresso

Tramite l'osservazione dei segnali di ORP in vasca anossica, DO in vasca di ossidazione, della frequenza dell'inverter che comanda il compressore e della portata in ingresso è possibile classificare run time il tipo di carico in ingresso, stimandone, con buona approssimazione, le caratteristiche in termini di concentrazioni e rapporto COD/TN, assegnando un valore qualitativo alle concentrazioni di azoto totale e COD. In figura 3 sono mostrati i segnali del 4 - 7 febbraio e il carico è stato classificato medio-basso, in quanto l'andamento filtrato del segnale di DO riesce sempre a seguire il set-point impostato in qualunque ora del giorno.

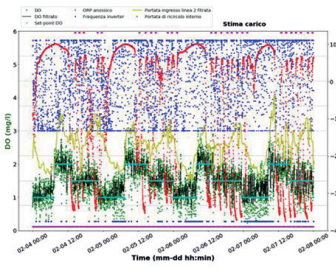


Fig. 3 – Stima Carico normale

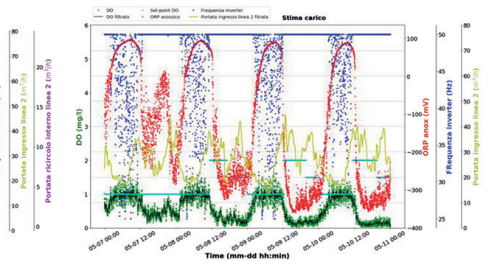


Fig. 4 – Stima alto carico

Il segnale reale è molto oscillante, per effetto dei frequenti stacchi del compressore dovuti principalmente ai parametri impostati nel regolatore PID, ma anche alle accensioni della pompa di ricircolo un'evidente influenza sul segnale di DO stesso. Le concentrazioni del carico non sono quindi elevate e i valori della portata in ingresso sono quelli tipici. L'andamento del segnale di ORP evidenzia mediamente un eccesso di azoto rispetto il COD e le condizioni operative del processo di denitrificazione in vasca si muovono tra l'anaerobiosi (ORP < -350 mV) e l'ossidazione (ORP > 0 mV), con una forte prevalenza di quest'ultima. In figura 4 sono invece mostrati i segnali che classificano l'alto carico. Nelle fasce giornaliere di alto e medio carico l'alto consumo di ossigeno e la frequenza dell'inverter funzionante sempre a 50 Hz, infatti, rilevano che le concentrazioni di azoto e sostanza organica, a parità di portata in ingresso, sono più elevate rispetto il precedente, mentre il segnali di ORP rileva anche un aumento del rapporto COD/TN. L'unica risposta conforme le attese si ha dal consumo di ossigeno in basso carico, che risulta essere mediamente sufficiente per soddisfare l'attività batterica dei processi.

2.4 Processo di denitrificazione

Come noto [1], l'unica variabile utilizzabile per il controllo del processo di denitrificazione risulta essere la portata della pompa di ricircolo di miscela aerata contenente i nitrati prodotti dall'ossidazione dell'ammoniaca. Il valore di questa portata dipende dalle condizioni del processo di denitrificazione in vasca anossica, dalla presenza di COD biodegradabile in ingresso, dalle concentrazioni di nitrati in vasca di ossidazione.

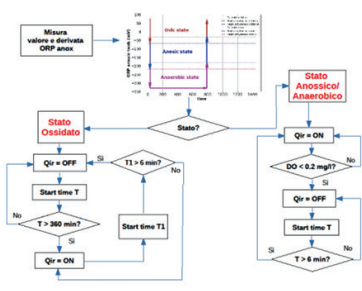


Fig. 5 – Schema di flusso politica denitro

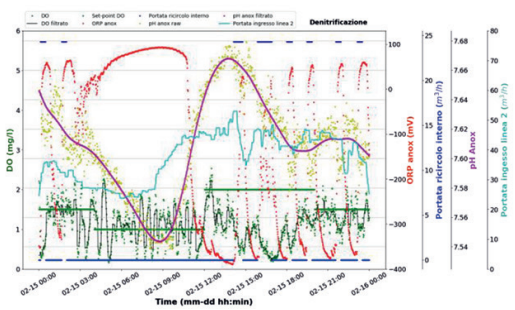


Fig. 6 – Esempio politica denitro

Non misurando direttamente le concentrazioni di interesse, tali informazioni sono stimate utilizzando la misura dei segnali di ORP e pH in vasca anossica, il cui studio in lavori precedenti ha permesso di determinare tre condizioni di funzionamento, ossidata, anossica e

anaerobica[8]. I segnali acquisiti sull'impianto hanno confermato tale schema, dimostrando pienamente la fattibilità del controllo del processo utilizzando unicamente segnali indiretti. Non essendoci però un inverter per la modulazione della velocità della pompa di ricircolo si sono dovute adottare nuove politiche che prevedono unicamente lo spegnimento o l'accensione della pompa. In figura 5 è presentato lo schema di flusso riprodotto la politica di gestione della pompa di ricircolo interno, mentre in figura 6 è mostrato un esempio di applicazione di tale politica. L'andamento del segnale di ORP evidenzia che le condizioni operative del processo di denitrificazione si muovono tra l'anaerobiosi e l'ossidazione, con una forte prevalenza di quest'ultima nelle ore notturne, essendoci minore portata e minori concentrazioni in ingresso. Il passaggio avviene sempre in concomitanza dell'accensione della pompa di ricircolo, la cui portata è evidentemente troppo alta rispetto le condizioni richieste dal processo. Questo comportamento condiziona anche il pH, il cui andamento vede, come atteso, una forte crescita in simultaneità con il crescere della portata in ingresso e quindi del bCOD presente nel carico, che porta ad un aumento evidente della denitrificazione. Il segnale raggiunge poi il suo massimo, evento che coincide con la fine degli effetti dovuti alla denitrificazione più importante della giornata.

2.5 Processo di nitrificazione

I criteri per identificare le fasce di carico giornaliero e quindi attivare i rispettivi set-point, prevedono l'utilizzo di tools basati su machine learning implementati tramite l'elaborazione dei segnali di pH, DO e frequenza inverter di comando del compressore, in funzione dell'orario.

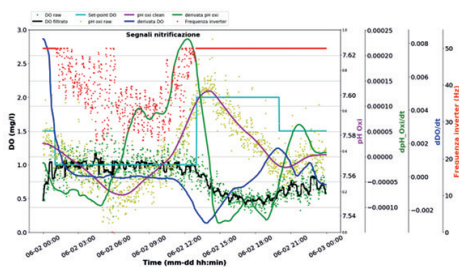


Fig. 7 – Riconoscimento fasce di carico giornaliero (1)

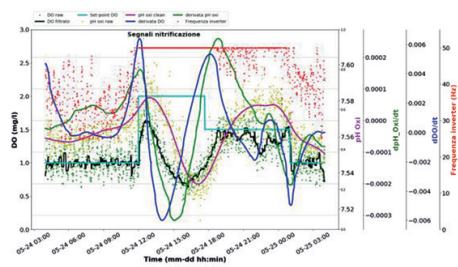


Fig. 8 – Riconoscimento fasce di carico giornaliero (2)

Il raggiungimento da parte del segnale di pH del suo valore massimo, nella fascia oraria mattutina, contestualmente ad un abbassamento repentino del segnale di DO e ad un aumento della frequenza dell'inverter, coincide con la fine della fascia di basso carico giornaliero e l'inizio di quella di alto carico. Il minimo successivo sull'andamento di pH coincide invece con la fine della fascia giornaliera di medio carico e l'inizio del basso carico, la quale termina, mediamente nelle tarde ore serali, in corrispondenza di una dinamica positiva dello stesso segnale ed una diminuzione del consumo di ossigeno. Due esempi di applicazione dei criteri di riconoscimento sono mostrati nei grafici delle figure 7 e 8, composti di cinque ordinate rappresentanti, rispettivamente, DO (segnale non filtrato, segnale filtrato con filtro mediano e set-point) e pH (segnale grezzo e pulito) in vasca di ossidazione, derivata pH, derivata DO e frequenza inverter.

Nel primo esempio è possibile vedere l'inizio dell'alto carico intorno le ore 13, l'inizio del medio carico intorno le ore 19 e l'inizio del basso carico dopo le ore 24. Nel secondo l'alto carico comincia circa alle ore 12, il medio carico verso le ore 17 e il basso carico intorno le ore 23. Questo significa che è stata individuata una fascia di basso carico (set-point DO = 1.0

mg/l) con livelli di DO in vasca non limitanti, della durata di circa 13 ore in entrambi i casi, comportando un notevole risparmio in termini di aria insufflata.

2.6 Risultati e discussione

Nei mesi di monitoraggio l'impianto è stato caratterizzato da un'alta variabilità del carico in ingresso, passando da carichi poco concentrati a picchi di carico elevato che sono durati giorni. Il periodo di lockdown ha sicuramente avuto un peso significativo in questo comportamento, ma si preferisce posticipare l'analisi ad uno studio dedicato insieme al gestore.

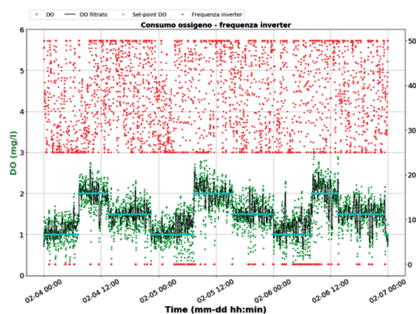


Fig. 9 – Andamento DO e frequenza inverter per quattro giorni consecutivi

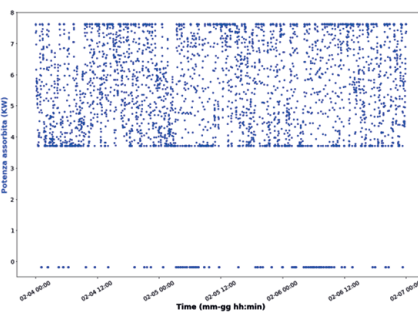


Fig. 10 – Potenza assorbita corrispondente figura 9

Il risparmio energetico è quindi alto nel primo caso, ma si abbassa notevolmente nel secondo, quando il compressore fatica a fornire tutto l'ossigeno richiesto nelle ore di maggior consumo, pur funzionando al massimo. In generale, si è stimato che in regime di carico normale si è riuscito ad ottenere buone performance di risparmio energetico, raggiungendo in figura 9, dove sono mostrati gli andamenti dei segnali di DO e frequenza per quattro giorni consecutivi, si può vedere come i set-point sono sempre inseguiti molto bene in qualunque condizione di carico e l'inverter, comandato dal regolatore PID, modula la frequenza dimostrando ottimi margini di risparmio. Dalle curve caratteristiche fornite da Kaeser (costruttore del compressore) è stata calcolata la potenza assorbita in funzione della frequenza (figura 10) e quindi l'energia totale consumata, da cui risulta un risparmio energetico di oltre il 30%. Data una potenza assorbita a pieno carico dal compressore di 7,62 KW a $f = 50$ Hz, l'energia consumata annuale è pari a $7,62 \cdot 24 \cdot 365 = 66,8$ MWh/anno, da cui il risparmio medio ottenibile è pari a $66,8 \cdot 0,30 = 20$ MWh/anno. Ad un prezzo medio di 0,15 €/KWh si possono risparmiare fino a 3000 €/anno per questo tipo di compressore, di piccola taglia e del tipo IE3, il più efficiente presente sul mercato. Tali valori sono sicuramente incrementabili in quanto esistono ampi margini di ottimizzazione, sia nel tuning dei parametri di controllo del regolatore PID, sia nei valori dei set-point. Riguardo gli andamenti dei segnali delle figure 7 e 8, invece, per i quali le concentrazioni del carico in ingresso sono decisamente più alte nelle fasce di alto e medio carico, il risparmio energetico stimato è stato, rispettivamente, di circa il 20% e il 15%.

È importante sottolineare come il riconoscimento automatico delle fasce orarie di carico giornaliero permetta di rilevare intervalli lunghi di basso carico, durante i quali è possibile mantenere il set-point di DO più basso, producendo sempre un importante risparmio energetico. I segnali acquisiti sull'impianto hanno dimostrato pienamente la fattibilità del controllo del processo di denitrificazione utilizzando unicamente segnali indiretti. Non essendoci però un inverter per la modulazione della velocità della pompa di ricircolo interno, non si sono potute adottare le politiche di controllo messe a punto in precedenza, ma si sono dovute adottare nuove politiche che prevedono unicamente lo spegnimento o l'accensione della pompa. È

stato necessario adottare diversi compromessi, ma è stata definita una politica decisionale generale che potrebbe essere mantenuta, nonostante si ritenga che il controllo con inverter determini le prestazioni migliori.

3. Conclusioni

L'attività di testing e validazione di Costance, il sistema di gestione intelligente e controllo automatico brevettato da Enea, sull'impianto municipale di Granarolo dell'Emilia gestito da HERA SpA, ha prodotto risultati molto importanti. In primo luogo ha dimostrato che la suddivisione del giorno in fasce orarie giornaliere, secondo la quantità di carico in arrivo, è verosimile e che tali fasce sono riconoscibili automaticamente monitorando unicamente il processo di nitrificazione osservando gli andamenti dei segnali di pH e DO. Questo permette di variare il set-point del DO nel controllore PID di regolazione del compressore, abbassandolo quando il carico è basso ed alzandolo quando è alto, producendo risparmi energetici importanti. Secondariamente, sempre con i soli segnali indiretti, sono state individuate le caratteristiche per potere stimare e classificare run-time il carico in ingresso in termini di concentrazioni e rapporto COD/TN. Infine, come diretta conseguenza del punto precedente, è stata messa a punto una politica di gestione della pompa di ricircolo interno per il controllo del processo di denitrificazione, che prevede unicamente la sua accensione o spegnimento, non essendo presente l'inverter per la sua modulazione. È comunque importante specificare che il controllo ottimale del processo prevede una modulazione della pompa, tramite la quale è possibile rispondere a tutte le condizioni di processo che si presentano normalmente con l'impianto in funzione. Tali risultati dimostrano la validità del sistema proposto e la praticabilità di una sua installazione su impianti di taglia inferiore a 20.000 AE, dove la variabilità giornaliera del carico è molto alta, senza escludere per questo gli impianti più grandi.

Bibliografia

- [1] **Ozdemir B., Yenigun O.** (2013). A pilot scale study on high biomass systems: Energy and cost analysis of sludge production. *Journal of Membrane Science* (428).
- [2] **Olsson G.**, (2012). ICA and me – A subjective review. *Water research* 46, pp. 1585-1624.
- [3] **Acampa G., Giustra M. G., Parisi C. M.** (2019). *Water Treatment Emergency: Cost Evaluation Tools. Sustainability* (11).
- [4] **Luccarini Luca.** “GRUPPO PER LA GESTIONE AUTOMATIZZATA DI IMPIANTI PER IL TRATTAMENTO BIOLOGICO DI ACQUE REFLUE”, Brevetto Europeo per invenzione industriale n. 3390289 valido dal 12/8/2020.
- [5] **Ruano M. V., Ribes J., Seco A., Ferrer J.** (2009). Low cost-sensors as a real alternative to on-line nitrogen analysers in continuous systems *Water Sci Technol* 2009 -60(12).
- [6] **Thürlimann C. M., Dürrenmatt D. J., Villez K.** (2018). Soft-sensing with qualitative trend analysis for wastewater treatment plant control *Contr. Engin. Pract.* Vol. 70 pp 121-123
- [7] **Sottara D., Manservigi A., Mello P., Colombini G., Luccarini L.**, (2009). A CEP-based SOA for the management of WasteWater Treatment Plants. Submitted to 2009 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems, Crema, Italy, 25 September 2009.
- [8] **Luccarini L., Pulcini D., Sottara D., Di Cosmo R., Canziani R.** (2017). Monitoring denitrification by means of pH and ORP in continuous-flow conventional activated sludge processes. *Desalination Water and Treatment*, 61.

AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY

GREEN NEW DEAL: LA STRATEGIA “FARM TO FORK” - FILIERE AGROALIMENTARI SMART E A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

I cittadini europei chiedono azioni concrete per contrastare i cambiamenti climatici e auspicano che sia l'Europa a indicare il cammino da seguire. Diventare il primo continente a impatto climatico zero costituisce contemporaneamente la sfida e l'opportunità più grandi del nostro tempo. In attuazione del Green New Deal la normativa europea sancirà per la prima volta l'obiettivo della neutralità climatica dell'UE entro il 2050. Anche i settori agricolo ed agroalimentare, attraverso la strategia "Dal campo alla tavola" contribuiranno ai suddetti obiettivi assicurando prodotti alimentari sani, nutrienti e di alta qualità, prodotti nel rispetto dell'ambiente e seguendo i principi dell'economia circolare. In quest'ottica la sessione mette in luce le sfide e le potenzialità di applicazione in alcune filiere trattate come casi studio.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, Confagricoltura, Federalimentare e ENEA**

Presidenti di sessione:

- Donato Rotundo, *Confagricoltura*
- Maurizio Notarfonso, *Federalimentare*
- Massimo Iannetta, *Enea*

The Enchantment of the Territories and the Circular Economy in Agri-Food Starting from an European Experience

Marino Cavallo marino.cavallo@cittametropolitana.bo.it
Metropolitan City of Bologna, Bologna

Riassunto

Grazie alla partecipazione al Programma Interreg Europe, la Città Metropolitana di Bologna darà il suo contributo allo sviluppo sostenibile delle eccellenze del suo sistema agricolo locale impegnandosi nel progetto SinCE-AFC assieme ai rappresentanti degli altri sistemi europei disposti a partecipare a questa sfida. Il progetto coinvolge le PMI della filiera agroalimentare nell'Economia Circolare attraverso la promozione di adeguati meccanismi orizzontali finanziari e di gestione. L'obiettivo generale è quello di migliorare le politiche, facilitando l'adozione di misure che mirano a portare benefici a tutto l'ecosistema imprenditoriale, come la semplificazione normativa, e che sostengono e rafforzano le PMI in questo settore. Gli strumenti utilizzati saranno quelli dell'Economia Circolare e delle opportunità di business create dal rafforzamento della cooperazione tra le autorità pubbliche locali e gli operatori del mercato.

Summary

Thanks to its participation in the Interreg Europe Programme, the Metropolitan City of Bologna will make its contribution to the sustainable development of the excellence of its local agricultural system by engaging, with representatives of the other European systems willing to take part in this challenge, in the SinCE-AFC project. It involves SMEs in the Agri-Food chain in the Circular Economy through the promotion of appropriate horizontal management and financial mechanisms. The overall objective is to improve policies, facilitating the adoption of measures that aim to bring benefits to the whole business environment, such as regulatory simplification, and that support and strengthen SMEs in this sector. The instrument used will be that of the Circular Economy business opportunities, created by the strengthening of local public authorities and market operator's cooperation.

1. Introduction

The Metropolitan City of Bologna is trying to respond to a locally embedded global challenge: to implement a sustainable use of natural resources in order to avoid potential dramatic environmental scenarios. Bologna could become a front-runner city in this field, if it demonstrates to be able to support its existing adaptive and transformative governance capacities. To this end, the Metropolitan City considers policies for fostering a sustainable food system as fundamental drivers for changes. In this paper, the goals and results achieved in the on-going Metropolitan City of Bologna's projects funded by Europe are described as "soft" policy tools for demonstrate the thesis argued: Circular Economy, Green Economy (Green growth) and Bio Economy have the common finalistic aspect of find a shared ground for economic, environmental and social goals.

To meet this challenge, the Metropolitan City of Bologna is facing these elements: 1. Tapping opportunities of the projects funded by the Institutions of European Union; 2. Overcoming the fragmentation of competences in order to solve problems with the necessary speed and effectiveness (re-composition and streamlining of decision-making procedures) and taking the risk of experimenting new institutional models; 3. Fostering the training to improve the policy makers' skills and personal entrepreneurial competencies towards sustainability [1].

Reducing food waste has a huge potential to reduce the resources used to produce, manage, transform, distribute, store and cook the food we eat. Today in the world, eight billion people "sit at the table" and for this reason the "food challenge" should push everyone to live within our planet limits. In the Agri-Food chain, this waste is characterized as "losses" during agricultural production, post-harvest and processing phases of the product, or as "waste" in the final part of the process. To define a perspective of interventions with impacts on both these critical points, an Action Plan for the Circular Economy, called "For a Cleaner and More Competitive Europe", was re-launched in 2020, a comparison between different solutions, made by reading them both from the point of view of their economic efficiency and their effectiveness in achieving the Circular Economy principles of "reduce, reuse and recycle". In synergy with other European frameworks, as the so-called "From Farm to Fork Strategy", this process has involved the most relevant stakeholders and its model represents the benchmark of the Metropolitan City of Bologna's European project called SinCE-AFC.

2. Paper

2.1 Metropolitan City of Bologna urban regenerative economy model

First, to describe the main features of the Metropolitan City of Bologna European projects we must illustrate the evolution of the main political act originating them, which start with the decision, in 2017, to align the Strategic Metropolitan Plan and the 2030 Agenda for Sustainable Development through the promotion of an urban regenerative economy model. The **2030 Agenda for Sustainable Development** adopted during the UN Summit on Sustainable Development held in New York on 25 September 2015 encompasses 17 objectives (SDGs) for global sustainable development to be achieved by 2030. The ultimate goal of this challenge is to engage communities around the world in laying the foundations for improving the life of the planet and its inhabitants. In Italy, the objectives of Agenda 2030 for Sustainable Development have been set out in the **National Strategy for Sustainable Development**. With regard to the construction of a sustainable food system (SDG 12.3 "halve per capita global food waste at the retail and consumer levels and reduce food losses along production and supply chains, including post-harvest losses"), it is also important to highlight how the Metropolitan City's commitment was ratified before the National Strategy for Sustainable Development. Already during the preparatory activities for the 2015 Milan Expo, the City Government promoted a specific Charter against food waste, signed during the World Food Day on 16 October 2015 by all the countries participating in the World Exposition. The main purpose of the Charter has been to fight food waste, considering its fundamental role both in reducing the environmental footprint of agricultural production and in ensuring that everyone has adequate food availability while respecting eco-systemic limits. Specifically, the Charter set out to identify first the methods for quantifying food waste, the common actions to be taken against this type of waste and finally the methods for monitoring the results achieved over time.

Actually, Bologna is internationally recognized as a "food capital". This recognition stems from its unique context of important players such as the University, the regional food cluster ("Clust-ER AgriFood"), the actors of its multilevel governance, as well as the many companies of so-called Emilia-Romagna Region "food valley". In recent years, the specificities of its territory and the commitments undertaken at international level have therefore pushed the

Metropolitan Administration to intercept any opportunity for economic growth that maximizes these two elements. Today, an interesting example of this political vision is the approach adopted by the Metropolitan City of Bologna for the realization of public interests related to the Circular Economy and Sustainable Development. The approach considers the Circular Economy as a “two-winged butterfly” [2].

In this field, *vertical* and *horizontal subsidiarity* have developed in governance for natural resources sustainable consumption. The basis of the legal framework for promoting and protecting these public interests is the Metropolitan City of Bologna Statute. It declares how Bologna Metropolitan City designs its action in inspiration to the principle of horizontal subsidiarity and collaboration with the social and economic bodies, favouring Sustainable Development, in order to carry out activities of public interest and care for the common good. The Statute is the main instrument for the definition of the Metropolitan strategies and the competence on economic development has led to the creation of a specific *Department for Economic Development*, within which the *Research and Innovation and management of European projects Office* operates. This was a participatory process made with the active role of the Emilia-Romagna Region. Several agreements led to the definition of a first essential function for the Metropolitan City of Bologna: the identification and coordination of the development strategies for the entire metropolitan area through the elaboration of a Strategic Plan (Law 56/2014 art. 1). That is why, since autumn 2015, Bologna Metropolitan City together with its “Unions of Municipalities” has started the elaboration of this Metropolitan Strategic Plan through a continuous co-creation process with all the main actors involved. The Metropolitan Strategic Plan is an address document with prescriptive value for all Municipalities and their associative forms animated by the desire to make Bologna the *House of Unions and Municipalities* (Regional Law 13/2005 art. 5). The Specific objective 2.5 of Bologna Metropolitan Strategic Plan consists in the protection and enhancement of the environment, of the rural territory and of the landscape. Moreover, this objective is in close connection with the Bologna Charter; it highlights the need to protect the rural territory, stimulates agricultural activities, enhances and safeguards the landscape, promoting sustainable, multifunctional and social agriculture. The Strategy is in synergy with both citizen and regional commitment, on this operational front with the Regional Law 16/2015 on the Circular Economy. Thanks to the management of the European projects, the Metropolitan city of Bologna has implemented concrete actions in cooperation with the objectives of the Metropolitan Strategic Plan, and in alliance with other European countries, for the promotion of new businesses towards strategic issues, cultural entrepreneurship and new tourism, digital, assistance and social services, the “taste” industry and the local economy. Strategic planning activities have usually separately dealt with these aspects, even if they are interdependent [3]. With an innovative and smart approach [4], Bologna Metropolitan City has decided to combine them in a single vision through an urban **regenerative economy model** applied to the management of its European projects [5] [4]. The application was carried out also in the implementation and the choice of European programmes in which to take part and of which consortia to join as partner. The objectives identified in this **regenerative economy model** are able to bring win/win solutions between the results of the projects carried out within the fields: 1. Green economy (Nature-Based Solutions; Bio-Products; Conservation of Natural Resources); 2. Social innovation (Fair Social Relations; Sharing Economy; Local Communities Engagement); 3. Circular economy (Efficiency and Recycling Design and Production Systems). Thus the Circular Economy represents the “paradigm leap” capable of making us make enormous progress, not only from the economic and environmental point of view, but also in the socio-environmental issues [6].

In this way, the “terms” could refer to how resource flows can be closed and Bologna intends to promote its “territorialisation” of the Circular Economy model. The Metropolitan City of Bologna wants to achieve this result through soft policy tools tailored to its individuals and

its population. Rather than using a “one-size-fits-all” approach, the Metropolitan City governance wants to concentrate on collaboration in the definition of top-down and bottom-up strategies and policies, as well on the use of soft policy tools made possible by European funding, through which the Institutions of European Union give wide freedom in the project ideas’ implementation for the pursuit of common objectives.

2.2 Circular Economy: Benefits and Good Practices for Food Waste

According to studies recently published by the Journal “Nature”, global postharvest loss of edible food is estimated at 1.3 billion metric tons annually and the production of food that is intended for human consumption but not eaten accounts for 8% of global anthropogenic greenhouse gas emissions, 20% of fresh water consumption, and 30% of global agricultural land use [7]. Although the evidence still shows a critical scenario, what seems to have changed today is the attitude of public authorities and decision-makers to these issues. This attitude concerns the actual shared acceptance that the changes needed to reduce food waste in the food market should be driven by changes in household incomes, even promoting the recovery and redistribution of food surpluses, and in “access to food”, ideally developing sustainable policies for making Agri-Food systems fair, healthy and environmentally-friendly, as in the so-called “From Farm to Fork” European Strategy.

The “Farm to Fork Strategy” is at the heart of the European Green Deal aiming to make the European food systems more sustainable. Moreover, to do this, rather than merely improve overall food availability, specific actions for fostering the short food supply chains and local food systems thanks to the implementation of the Circular Economy principles could be more useful. “Food availability” and “access to food” are not the same. The first involves a simple quantitative increase of goods, while the second also involves aspects related to food security and food safety. This awareness is now widespread in all European countries thanks to the European Green Deal and for this reason can make the comparison between the different European economic systems extremely advantageous in the implementation of common strategies. Support for these “drivers” (i.e. changes in household incomes and access to food) indeed involves the support of public authorities and, at the same time, appropriate synergies with the most green, innovative and solidarity-based sectors of European entrepreneurship. In the Metropolitan City of Bologna, there have been numerous initiatives sponsored by public authorities to link the fight against food waste with the promotion of the Circular Economy principles “reduce, reuse and recycle”, which are being applied to food as:

- Decrease volume lost to waste, by supporting the quality in agricultural production more than quantity - as in organic farming - and optimising the resources used in the procurement of collective catering and food supply services (school canteens, hospitals, offices) thanks to minimum mandatory GPP (Green Public Procurement) criteria and compulsory reporting to monitor progress. An example of this is the so-called “Mercato Ritrovato”, the Farmer’s Market in Bologna that was born in 2008 from a project by “Slow Food”, “Cineteca di Bologna”, Metropolitan City of Bologna and “Emil Banca”. The Farmer’s Market is a fixed weekly appointment with only local products presented by those who produce: over fifty local farmers who sell directly, at fair prices, seasonal products at “zero kilometres”.

- Redistribute surplus edible food, thanks to the presence of a strong civic and religious solidarity network. In the Bologna’s metropolitan area social protection has been reinforced by the presence of the main Italian players in the food surpluses re-allocation, as the “Last Minute Market”. Since 1998 “Last Minute Market” has been carrying out waste recovery services for large-scale retail trade. Thanks to networking with 350 stores and over 400 third sector entities, the organisation currently recovers 55 thousand cooked meals, food products worth € 5.5 million, drugs for € 1.000.000 and more than 1000 tons of non-food products.

- Create new value from food waste, as in the SinCE-AFC project.

2.3 Interreg Europe SinCE-AFC: Enhancing the Entrepreneurship of SMEs in Circular Economy of the Agri-Food Chain

To respond to challenges and opportunities emerging at a local level from these issues the Metropolitan City of Bologna is partner of Interreg Europe SinCE-AFC project. SinCE-AFC is being developed along with the on-going European Action Plan for Circular Economy and the respective National Circular Economy Action Plans across the European countries. The new Circular Economy approach with its regenerative system is of high priority in the European Union. Although the principles of Circular Economy are already applied by many large industries, SMEs, which represent the 99% of the businesses sector, still remain uninvolved due to lack of motivation and support. Thus, the regional SMEs policies improvement towards a more regenerative economy is of high importance. SinCE-AFC aims at involving SMEs of the Agri-Food chain in the Circular Economy promoting, through all agents committed to production, processing, packaging, distribution and final consumption, a way to operate in a coordinated way to better adapt to it.

During the project, which started in 2019 to end in 2023, the partnership's tasks - 9 partners representing 7 Regions from 7 EU countries - will focus on: 1. The investigation of efficient practices via interregional thematic learning events, study visits, import workshops, stakeholders' meetings and consultation processes; 2. How the relevant policy instruments can be improved in order to assist SMEs to enter the Circular Economy. As stated in the project membership agreement, SinCE-AFC will promote innovation, derive knowledge and develop close collaboration with the Interreg Europe Learning Platform as well as with the European Circular Economy Stakeholder Platform and the RIS3 Platform Group. The core results will be depicted in a joint study reflecting the related regulatory framework and good practices at regional and European level, an e-book with best practices of European Circular Economy in the Agri-Food sector, identified during the project.

In the project's first phase, the partners are collaborating on the interregional exchanges of experience among the different economic systems of the consortium. All activities are carried out with the involvement of local stakeholders, represented in the "Local Stakeholder Group", through meetings and consultation processes. The results of this intense learning period will be used in the second phase for the implementation of a "Local Regional Action Plan". As far as Metropolitan City of Bologna is concerned, this implementation will directly affect the evolution of its Metropolitan Strategic Plan. By improving policies, supporting and enhancing SMEs entrepreneurship in the Agri-Food sector through the exploitation of Circular Economy opportunities, the expected added value for the partner regions will be the creation of new Circular Economy horizontal supporting mechanisms. These mechanisms increasingly will involve more SMEs in its processes. Other transversal objectives in line with the Metropolitan Strategic Plan are represented by the improvement of waste management for SMEs, new initiatives to simplify the implementation of Circular Economy innovation activities and new start-ups.

An example of the good practices already identified is the Biological District of the Bolognese Apennines, an innovative synergic system for the sustainable management of local resources promoted by the Local Action Group "BolognAppennino", managing authority of the LEADER programme – Measure 19 of the Rural Developing Programme of the Emilia-Romagna Region. They designed for this territory a local development strategy based on the desire to make the hilly-mountainous territory competitive, attractive and usable, through the creation of an integrated growth system, based on the promotion of sustainable tourism and the enhancement of the Agri-Food quality supply chains. The Biological District responds

also to the need to push small and micro businesses in the position to compete on an equal level with other geographical areas, enhancing their specificities and their most appealing aspects: naturalness, landscape, quiet, healthiness, and uncontaminated environments.

The Biological District of the Bolognese Apennines project wants to boost the potential of the territory investing in organic production, promoting an innovative synergic system in a geographic area suited to organic farming. Farmers, institutions, associations, public administrations, tour operators and citizens adhere to an agreement for the sustainable management of local resources, starting from organic production and consumption model (short chain, purchasing groups, bio public canteens). In the “Biodistrict” the promotion of organic products is combined with the promotion of the territory and its peculiarities, to achieve an inclusive economic, social and cultural development.

3. Conclusion

The Metropolitan City of Bologna is placing greater commitment in actions capable of making known the great opportunities and potential, in economic as well as environmental terms, which the economic perspective based on circularity offers. Within the supply chains, such as the Agri-Food one addressed here, the application of Circular Economy models turns out to be a truly convenient approach. The classic economic equilibrium on which production systems are based is becoming less and less profitable and the actors are confronted daily with innovations and experiments that they are forced to achieve in order to reach new sustainable equilibriums. Climate change has a decisive impact on the evolutions we are forced to face. The circular economy offers new models and tools that have already been tried and tested thanks to the innovations already experimented within the Green Economy.

The Circular Economy business models enabling more sustainable solutions create economies of scale where the land, instead of becoming progressively poorer, becomes richer and more fertile and the other production costs are reduced thanks to the constant reduction of wastes. One solution to the apparent paradox of how it will be possible to feed 10 billion people in 2050 without constant industrialisation of agricultural production can also be seen in this observation. The industrialization of agricultural production is not only ineffective (it contributes to the worsening of the very problems it would like to solve) but also economically inefficient, which is why we believe that it will be not the solution. Solution that the SinCE-AFC project is identifying in the development of a local entrepreneurial network of sustainable SMEs by fostering dedicated production chains as a way for marketing of local products and to promote local dimension.

References

- [1] CESME, *White book*, Interreg Europe, 2019.
- [2] Ellen MacArthur Foundation, *Completing the picture. How the Circular Economy Tackles Climate Change*, 2019.
- [3] D’Amato D., Droste N., Allen B., Kettunen M., Lahtinen K., Korhonen J., Leskinen P., Matthies B., Toppinen A., Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 2017.
- [4] RELOS3, *Smart specialization: reappraising the local dimension*, Edited by Nicola Bellini, Marino Cavallo, Giulia Lazzeri, Milano, Franco Angeli, 2019.
- [5] Cavallo M., Cencioni D., Stacchini V., Identify relevant Stakeholders. In *Circular economy, benefits and good practices*. Edited by Marino Cavallo and Daniele Cencioni, Milano, Edizioni Ambiente, 2017.
- [6] Rucci D., Tarquinio L., Sustainability Performance Indicators and Non-Financial Information Reporting. Evidence from the Italian Case, *Administrative Sciences* 10(1), 2020.
- [7] Makov, T., Shepon, A., Krones, J., Gupta C., Chertow M., Social and environmental analysis of food waste abatement via the peer-to-peer sharing economy, *Nature Communications* 11, 2020.

Driptape clogging and poor irrigation performance: the patented dripline providing a solution allowing durable supply uniformity even in case of low filtration

Giuseppe Giardina research@irritec.it, Pablo Chiozza Irritec S.p.A, Capo d'Orlando

Riassunto

La domanda mondiale di acqua potabile sta aumentando in modo esponenziale, relegando l'acqua di bassa qualità alle applicazioni agricole. L'utilizzo di sistemi di irrigazione a goccia cresce ogni anno per ridurre i volumi irrigui e migliorare la resa delle coltivazioni. Gli ulteriori Sviluppo dell'irrigazione a goccia richiedono di affrontare le problematiche generate dall' utilizzo dell'acqua di bassa qualità. Infatti, le ali gocciolanti in presenza di acque con elevate quantità di solidi sospesi hanno una bassa resistenza all'occlusione, con conseguenti riduzioni delle prestazioni e impatti negativi sulla resa delle colture. Inoltre, i filtri, necessari a garantirne il corretto funzionamento, non sempre vengono utilizzati poiché comportano una spesa aggiuntiva. L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di progettare un'ala gocciolante innovativa che consentisse prestazioni di irrigazione eccellenti e durature con acque meno filtrate e con maggiori solidi sospesi. L'obiettivo è stato raggiunto con lo sviluppo di eXXtreme tape™, l'ala gocciolante leggera continua con filtro continuo con la superficie di filtraggio più estesa al mondo.

Summary

The world's demand for clean water for human consumption is increasing exponentially, relegating lower quality water for agricultural applications. The widespread use of drip irrigation systems has increased annually to reduce water use and improve yield. The development of drip irrigation includes facing the problems caused by the use of low-quality water. In fact, the driplines have a low resistance to clogging, in the presence of waters with high suspended solids, with consequent lower performance and negative impacts on yields. Furthermore, the filters, necessary to ensure the correct operation of the driplines, are not always used due to the additional expense. The objective of this research was to design an innovative driptape allowing durable excellent irrigation performance with less filtered water or water with higher suspended solids. The aim was reached by the development of eXXtreme tape™, the light dripline with continuous flowpath and with the most extended filtration surface in the world.

1. Introduction

Competition for fresh-water resources between the increasing demands of the domestic and industrial sectors and those of the agricultural sector is very strong, mainly in populated arid and semi-arid regions, relegating lower quality water for agricultural applications. The wide-

spread use of drip irrigation systems has increased annually in an attempt to reduce water use and improve yield. Furthermore, in order to improve the energy efficiency of irrigation systems (lower pressures required for operation), reduce the flow rates applied and the production cost of drippers and driplines, a process of miniaturization of the drippers has started. This miniaturization process has led to an increase in the clogging sensitivity of the drippers, due to the reduction of flow passage sections, especially when using low-quality water. The further development of drip irrigation requires facing the challenges of using dirty water. Low-quality waters contain high levels of suspended solid and in the case of sewage waters they contain also organic matter and microorganisms that can compromise the efficiency of the drippers. The reduction of efficiency was mainly related to the clogging of emitters, and it was considered one of the main maintenance problems, difficult to solve. Emitter clogging highly reduces the water distribution uniformity in irrigated fields, which negatively influences crop growth and yield [1]. The reasons for emitter clogging can be classified into three types: physical clogging, chemical clogging, and biological clogging [2]. Physical clogging is caused by suspended inorganic particles (such as sand, silt, clay, plastics), organic materials (animal rests, snails, etc.), and microbiological debris (algae, protozoa, etc.). Physical clogging has been identified as the most common type. Filtering can prevent inorganic particles and organic materials suspended in water from entering the drip-irrigation system. High performance of the irrigation system cannot come without well-sized filtration systems. What is more, automatic filter cleaning systems increase the overall energy efficiency of the system while reducing manual maintenance operations: these systems are expensive and are often replaced by less performing and manual filters. Especially in poor regions, the filtering systems are often not used due to the added expense or are simply not available to the farmer. The main objective of this research was to design an innovative drip-tape allowing durable excellent irrigation performance with less filtered water or with water with suspended solids.

2. Description of the results

Irrigation tapes are designed to reduce costs for the farmer while ensuring good irrigation system performance. The design generally involves developing a separate external filtration system to block all the occluding material, since the limited filter of the dripper is not sufficient to avoid clogging. The product developed by this research has increased the filtering surface available for the dripper, thus improving the overall performance of the irrigation system.

Fig. 1 shows a section of the eXXtreme tapeTM: it has two continuous filtering barriers along each side of the flowpath (Fig. 1.1), allowing the filtered water to flow through the two continuous lateral supply channels. These interconnected channels, common to all emitters, distribute filtered flow with constant uniformity, regardless of the position of the emitter. A supplementary filtering system is positioned after these continuous filtering barriers adding an increasing filtering surface for the emitters. (Fig. 1.2). A labyrinth with a large passage and turbulent flow (Fig. 1.3) allows to dissipate the pressure and reduces the sedimentation of clogging materials.

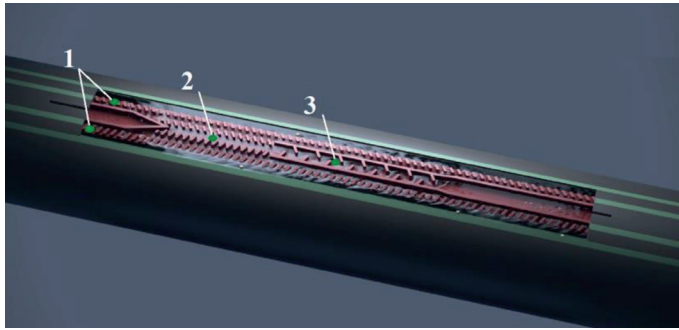


Fig. 2 – eXXtreme Tape™ emitter section: 1) continuous filtering barriers; 2) emitter filter; 3) labyrinth.

2.1 Influence of the continuous double filter barrier on the prevention of dripper clogging.

Several studies were carried out in a controlled condition to assess the sensitivity to occlusion for various models of emitters and to study the mechanisms that determine their occlusion. [3;4;5;6]. In these studies, the clogging can be related to the different geometry of the labyrinth and to the diameter of the suspended material. The filtering surface of the emitter was not considered in the studies of the physical process of clogging due to its small size, and the limited filtering effects.

Fig. 2, shows the different filtering passages designed for single emitters (a,b,c), continuous tape (d) and eXXtreme Tape™ (e). As it is possible to observe, the surface intended for the dripper filtering is very limited in the single drippers (a,b,c) and in the continuous tapes (d), while in the eXXtreme Tape™ (e) it is very extended and present on both sides of the dripper and before the emitters labyrinth.

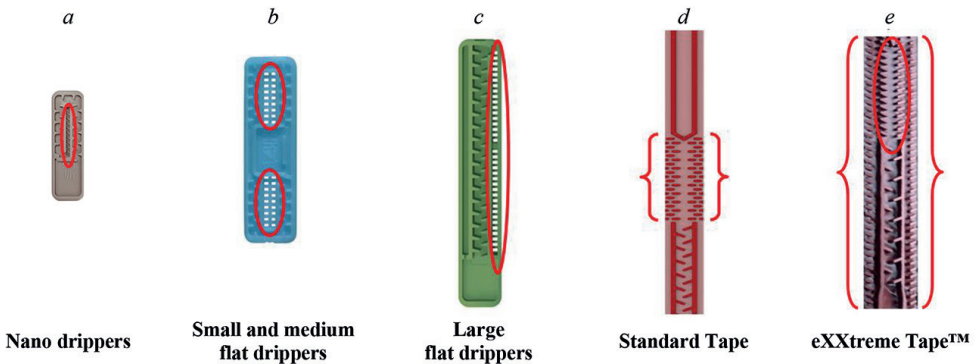


Fig. 2 – Different filtering passages design for single emitters (a,b,c), continuous tape (d) and eXXtreme Tape™ (e), red marks indicate the position of filtering passages.

Table 1 shows the numbers of filtering passage for different emitter spacing and models. Table 2 shows the relationship between the number of filtering passages between the eXXtreme Tape™ and the other emitter models. As shown, eXXtreme tape™ has a higher number of filtering passages that allow a filtering system from 20 to 50 times larger than traditional drip tape. For this reason, the risk of clogging is proportionally reduced and the product works uniformly, until the end of the crop season.

| Emitter spacing cm | ND | | | S-M FD | | | L FD | | | ST | | | eXXtreme Tape™ | | |
|-----------------------|-------|------|---------|--------|------|---------|------|------|---------|-----|------|-------|----------------|------|-------|
| | E | CFSE | Total | E | CFSE | Total | E | CFSE | Total | E | CFSE | Total | E | CFSE | Total |
| | n° | n° | n°/m | n° | n° | n°/m | n° | n° | n°/m | n° | n° | n°/m | n° | n° | n°/m |
| 10 | 10-12 | - | 100-120 | 10 | - | 100-200 | 10 | - | 100-500 | 25 | - | 250 | 25 | 210 | 2350 |
| 20 | 10-12 | - | 50-60 | 10 | - | 50-100 | 10 | - | 50-250 | 50 | - | 250 | 50 | 420 | 2350 |
| 30 | 10-12 | - | 33-40 | 10 | - | 33-67 | 10 | - | 33-167 | 75 | - | 250 | 75 | 630 | 2350 |
| 40 | 10-12 | - | 25-30 | 10 | - | 25-50 | 10 | - | 25-125 | 100 | - | 250 | 100 | 840 | 2350 |

Tab. 1 – Numbers of filtering passages for different emitter spacing on the emitter (E), on the continuous filtering system for emitters (CFSE) and reported for one meter of irrigation tape (Total), for three different emitter models, nano drippers (ND), small and medium flat drippers (S-M FD), large flat drippers (L FD), a Standard Tape (ST) and an eXXtreme Tape™

| Emitter Spacing cm | ND | S-M FD | L FD | ST |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| 10 | 23.5 - 19.6 | 23.5 - 11.8 | 23.5 - 4.7 | 9.4 |
| 20 | 47.0 - 39.2 | 47.0 - 23.5 | 47.0 - 9.4 | 9.4 |
| 30 | 71.2 - 58.8 | 71.2 - 35.1 | 71.2 - 14.1 | 9.4 |
| 40 | 94.0 - 78.3 | 94.0 - 47.0 | 94.0 - 18.8 | 9.4 |

Tab. 2 – Relationship between the numbers of filtering passages for different emitter spacing, of eXXtreme Tape™ and three different emitters model, nano dripper (ND), small and medium flat drippers (S-M FD), large flat drippers (L FD), a Standard Tape (ST)

To evaluate the occlusion sensitivity of eXXtreme tape™, a clogging “Single Grit” test was carried by the Center for Irrigation Technology (CIT). For these test eleven runs were performed to evaluate de effect of different grit materials 240 (0.045 mm), 220 (0.053 mm), 180 (0.063 mm), 150 (0.075 mm), 120 (0.106 mm), 100 (0.125 mm), 90 (0.150 mm), 80 (0.180 mm), 70 (0.212 mm). In the first run, the initial flow rates are measured with clean water. The system has a fine mesh screen on this run to ensure that the water is clean. During the test, the screen is changed as required to pass all the introduced grit materials. While the system is running grit no. 240 (0.045 mm) is added and the emitter flow rates are remeasured. This process is repeated adding grits for every run, up to grit no. 70 (0.212 mm). The system is then shut down for 30 minutes and restarted. The system is then purged of all grits, the fine mesh filter re-installed, and the system is filled with fresh water. The system is repressurized, and the emitter flow rates are measured. For each run, the flow rate delivered in 120 seconds was collected at the pressure of 0.07 MPa.

Table 3 shows the results of the clogging “Single Grit” test carried by the Center for Irrigation Technology (CIT) at California State University, Fresno, California (CSUF). In providing test results, neither CIT nor CSUF endorses this product nor implies preference over similar products not tested. Copies of the reports may be obtained from Irritec® or CIT.

As reported, the high filtering surface of the eXXtreme tape™ system made it possible to intercept most of the particles ensuring operation without clogging until the end of the test. Figure 3 shows the average emitters flow rate during the clogging test. The initial reduction of flow rate is related to the size of grit introduced in the first 3 runs (0.045, 0.053, 0.063 mm). The particles overcome the first filtering barrier and position themselves on the dripper filters and labyrinth, slightly reducing the flow rate. For the subsequent steps of the test, where gradually larger particles are added, the flow rate remains almost constant, which denotes the large capacity of the double filtering system to capture suspended particles and avoid the passage in the drippers protecting the operation of the drippers. These particles trapped in the external

filter path, following the flushing operations, are removed, restoring the flow rate. eXXtreme tape™ plug-resistance even with water with a high number of suspended particles allows the reduction of filtration and allows to use of dirty water. This extends the work-life of the product contributing to reducing the plastic used in agriculture and the associated emission of CO₂. In a preliminary study (not shown) the longer life eXXtreme tape™ may allow a 28% reduction in the amount of plastic laid on the field and a decrease of approximately 0.34 kg of CO₂ emissions per hectare of cultivated land due to the plastic reduction.

3. Conclusion

Since the filter of eXXtreme tape™ is 20 to 50 times larger than traditional drip tape, the risk of clogging is proportionally reduced and the product works uniformly, until the end of the crop season. eXXtreme tape™ performs uniformly for the whole crop cycle. Considering it has durability and resistance to plugging, in many cases it may be reused for more than one season. At the end of summer when the water coming from public irrigated consortia or private storage tanks is reduced in availability and quality, the use of eXXtreme tape™ is particularly useful. Its plug-resistance even with water with a high number of suspended particles allows the reduction of filtration, i.e. the backwashing operations of the automatic filtration systems with consequent water saving. It is particularly recommended for irrigation where water is scarce and not very clean and there is a lack of energy for the perfect operation of automated filtration systems.

Also, the longer life eXXtreme tape™ compared to the traditional product allows a 28% reduction in the amount of plastic laid on the field and a decrease of approximately 0.34 kg of CO₂ emissions per hectare of cultivated land due to the plastic reduction.

| Emit-ter # | Run #1 | Run #2 | Run #3 | Run #4 | Run #5 | Run #6 | Run #7 | Run #8 | Run #9 | Run #10 | Run #11 |
|------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------------|
| | Filtered Water Only | Water +240(1) | Water +240 & 220 | Water +240,220, & 180 | Water +240,220, & 150 | Water +240,220, & 120 | Water +240,220, & 100 | Water +240,220, & 100, & 80 | Water +240,220, & 100, & 70 | OFF/ON (2) | Fresh Water (3) |
| Temp (°C) | 24.9 | 21.6 | 25.6 | 23.9 | 24.1 | 24.4 | 25.3 | 29.4 | 30.0 | 30.0 | 23.9 |
| Emit-ter # | Run #1 | Run #2 | Run #3 | Run #4 | Run #5 | Run #6 | Run #7 | Run #8 | Run #9 | Run #10 | Run #11 |
| | Filtered Water Only | Water +240(1) | Water +240 & 220 | Water +240,220, & 180 | Water +240,220, & 150 | Water +240,220, & 120 | Water +240,220, & 100 | Water +240,220, & 100, & 80 | Water +240,220, & 100, & 70 | OFF/ON (2) | Fresh Water (3) |
| Temp (°C) | 24.9 | 21.6 | 25.6 | 23.9 | 24.1 | 24.4 | 25.3 | 29.4 | 30.0 | 30.0 | 23.9 |
| 1 | 1.25 | 1.14 | 1.29 | 1.20 | 1.23 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.02 | 1.14 | 1.29 |
| 2 | 1.17 | 1.08 | 1.08 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.20 |
| 3 | 1.17 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.20 |
| 4 | 1.32 | 1.23 | 1.23 | 1.20 | 1.20 | 1.17 | 1.14 | 1.17 | 1.17 | 1.20 | 1.29 |
| 5 | 1.35 | 1.20 | 1.17 | 1.17 | 1.20 | 1.11 | 1.17 | 1.17 | 1.05 | 1.20 | 1.23 |
| 6 | 1.29 | 1.14 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.17 | 1.17 | 1.05 | 1.05 | 1.17 | 1.29 |
| 7 | 1.29 | 1.17 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.11 | 1.11 | 1.05 | 1.11 | 1.11 | 1.26 |
| 8 | 1.32 | 1.14 | 1.14 | 1.20 | 1.14 | 1.17 | 1.11 | 1.11 | 1.08 | 1.17 | 1.26 |
| 9 | 1.26 | 1.23 | 1.17 | 1.20 | 1.26 | 1.17 | 1.20 | 1.23 | 1.20 | 1.23 | 1.26 |
| 10 | 1.32 | 1.17 | 1.20 | 1.14 | 1.26 | 1.17 | 1.14 | 1.11 | 1.08 | 1.08 | 1.26 |
| 11 | 1.25 | 1.08 | 1.10 | 1.08 | 1.08 | 1.05 | 1.05 | 0.96 | 1.17 | 1.17 | 1.14 |
| 12 | 1.23 | 1.11 | 1.10 | 1.08 | 1.08 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.11 | 1.17 |

Segue

| Emit- ter # | Run #1 Filtered Water Only | Run #2 Water +240(1) | Run #3 Water +240 & 220 | Run #4 Water +240,220, & 180 | Run #5 Water +240,220, 180 & 150 | Run #6 Water +240,220, 180,150, & 120 | Run #7 Water +240,220, 180,150, 120 & 100 | Run #8 Water +240,220, 180,150, 120,100, & 80 | Run #9 Water +240,220, 180,150, 120,100, 80 & 70 | Run #10 OFF/ ON (2) | Run #11 Fresh Water (3) |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|--|---|------------------------------|----------------------------------|
| Temp (°C) | 24.9 | 21.6 | 25.6 | 23.9 | 24.1 | 24.4 | 25.3 | 29.4 | 30.0 | 30.0 | 23.9 |
| 13 | 1.32 | 1.20 | 1.20 | 1.14 | 1.14 | 1.17 | 1.05 | 1.08 | 1.11 | 1.14 | 1.26 |
| 14 | 1.23 | 1.17 | 1.20 | 1.11 | 1.11 | 1.14 | 1.11 | 1.14 | 1.11 | 1.13 | 1.26 |
| 15 | 1.26 | 1.14 | 1.11 | 1.14 | 1.14 | 1.20 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.14 | 1.20 |
| 16 | 1.26 | 1.14 | 1.11 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.05 | 1.08 | 1.11 | 1.14 | 1.20 |
| 17 | 1.17 | 1.08 | 1.05 | 0.99 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 0.57 | 1.08 | 1.11 | 1.20 |
| 18 | 1.26 | 1.14 | 1.13 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.05 | 1.05 | 1.14 | 1.29 |
| 19 | 1.23 | 1.14 | 1.14 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.05 | 1.11 | 1.11 | 1.26 |
| 20 | 1.23 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.11 | 1.08 | 1.11 | 1.11 | 1.05 | 1.17 | 1.29 |
| Average | 1.26 | 1.15 | 1.14 | 1.12 | 1.13 | 1.11 | 1.10 | 1.06 | 1.09 | 1.14 | 1.24 |
| SD | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.13 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| CV (4) | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| # Plugged (5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1) Materials added are Aluminum Oxide Grits as manufactured by Fusco Abrasive Systems, Inc. Compton, California to ANSI B 74.12-1992 Standards.

(2) System shut down for 30 minutes, then restarted and measured.

(3) System completely flushed, added 200 mesh screen, and measured.

(4) CV in the context of this report is used for statistic clarification and not meant to represent coefficient of manufacturing variability.

(5) Flow less than 0.06 l/h.

Tab. 3 – Emitter discharge [l/h], during the clogging “Single Grit” test, carried of Center for Irrigation Technology (CIT) at California State University, Fresno.

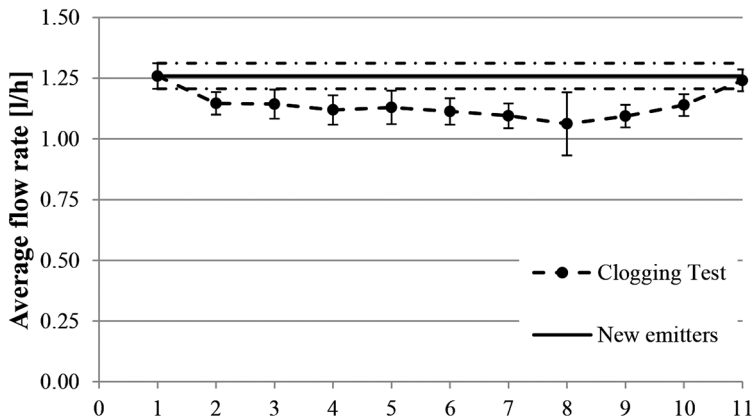


Fig. 3 – Average emitters flow rate [l/h] with the associated standard deviation, during the clogging “Single Grit” test carried of Center for Irrigation Technology (CIT) at California State University, Fresno. The flow rate value of new emitters (Continuous line) and the associated standard deviation (Dotted line) are also indicated.

References

- [1] **Capra, A., Scicolone, B.**, (1998). "Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems". *J. Agric. Eng. Res.* 70, 355–365.
- [2] **Bucks, D.A., Nakayama, F.S., Gilbert, R.G.**, (1979). "Trickle irrigation, water quality and preventive maintenance". *Agric. Water Manage.* 2 (2), 149–162.
- [3] **Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A., Sagi, G.**, (1992). "Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater". *Irrig. Sci.* 13, 129–139.
- [4] **Wei, Q., Shi, Y., Lu, G., Dong, W., and Huang, S.**, (2008). "Rapid evaluations of anticlogging performance of drip emitters by laboratorial short-cycle tests." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 134(3), 298–304.
- [5] **Niu, W., Liu, L. and Chen X.**, (2013) "Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters" *Irrigation Sci* (2013) 31:545–555
- [6] **Bounoua, S., Tomas, S., Labille, J., Molle, B., Granier, J., Haldenwang, P., & Izzati, S. N.**, (2016). "Understanding physical clogging in drip irrigation: in situ, in-lab and numerical approaches". *Irrigation science*, 34(4), 327-342.

La strategia “Farm to Fork” nello sviluppo del Parco Commestibile di Reggio Emilia

*Paolo Mantovi p.mantovi@crpa.it, Giuseppe Bonazzi
Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, Reggio Emilia
Sabrina Rosati, Giulia Semeghini
E35 Fondazione per la progettazione internazionale, Reggio Emilia*

Riassunto

Nel 2016 a Reggio Emilia è stata avviata l’iniziativa di orticoltura e agroforestazione periurbane conosciuta come Parco Commestibile, dove la produzione e vendita degli ortaggi si estrinsecano entro un areale effettivamente < 1 km Ø, con ridotta C footprint (0,11 kg CO₂ eq/kg di verdure). Nato come Gruppo Operativo per l’Innovazione finanziato dal PSR della Regione Emilia-Romagna e coordinato dal CRPA, si inserisce nelle politiche del Comune di Reggio Emilia per ridurre il consumo di suolo. Il Gruppo ha condotto attività come: agroforestazione con gelsi, coltivazione biologica di ortaggi, innovazione di prodotto e commercializzazione con brand Parco Commestibile (le minestre del Parco), inserimento di lavoratori svantaggiati, valutazione di impatti ambientali e sociali, attività di informazione e didattiche.

Con l’obiettivo di rafforzare questa esperienza, si sta costituendo un Living Lab “rurale” condotto nel progetto H2020 LIVERUR, per consolidare un modello di business innovativo capace di assicurare la sostenibilità ambientale, sociale ed economica secondo la strategia “Farm to Fork”. Obiettivo del Living Lab è favorire percorsi di co-creazione basati sul dialogo tra entità pubbliche e imprenditoriali, di tipo agricolo e sociale, coinvolgendo anche la cittadinanza, che rappresenta il beneficiario finale/cliente dei risultati dell’iniziativa.

Summary

The peri-urban horticulture and agroforestation initiative known as the Edible Park was launched in Reggio Emilia in 2016. Vegetables are produced and sold within an area effectively < 1 km Ø, with a reduced C footprint (0.11 kg CO₂ eq/kg of vegetables).

Created as an Operational Group financed by the Emilia-Romagna Region’s RDP and coordinated by CRPA, it is part of the policies of the Reggio Emilia Municipality to reduce soil consumption. The Group has carried out activities such as: agroforestation with mulberry trees, organic cultivation of vegetables, product innovation and marketing with the Edible Park brand (the Park’s soups), integration of disadvantaged workers, assessment of environmental and social impacts, information and educational activities.

With the aim of strengthening this experience, a “rural” Living Lab is being set up in the H2020 LIVERUR project, to consolidate an innovative business model capable of ensuring environmental, social and economic sustainability according to the “Farm to Fork” strategy. The objective of the Living Lab is to promote co-creation paths based on dialogue between public and entrepreneurial entities (agricultural and social), also involving citizens, who represent the final client/beneficiary of the results of the initiative.

1. Introduzione

I sistemi agricolo e alimentare stanno fronteggiando una serie di problematiche ambientali e sociali di livello globale come i cambiamenti climatici, l'incremento della popolazione mondiale e la sua concentrazione nelle città, da cui derivano fenomeni distorsivi nella produzione e distribuzione del cibo, con diffusione dell'obesità ma allo stesso tempo carenze alimentari e spreco di derrate.

Queste sfide mettono sotto pressione l'ambito rurale ma anche e in modo particolare le città e le loro interfacce periurbane. Le autorità locali possono assumere un ruolo chiave per sostenere soluzioni innovative con impatti positivi sia a livello ambientale che sociale.

L'occasione per sperimentare nuove soluzioni sta venendo dagli attuali Programmi di Sviluppo Rurale regionali, dove i Gruppi Operativi per l'Innovazione (GO o GOI) sono una delle principali novità. Si tratta di progetti di innovazione che hanno la finalità di affrontare problematiche agricole concrete, con l'intento di sviluppare nuovi sistemi o buone pratiche che possano risultare trasferibili anche a realtà di altri territori, attraverso un percorso di "contaminazione" reciproca, da intendere in termini di scambio di esperienze ed informazioni. A questo fine opera a livello europeo il Partenariato europeo per l'innovazione "Produttività e sostenibilità dell'agricoltura" (PEI-AGRI) che ha tra i suoi obiettivi principali proprio quello di mettere in rete le varie esperienze e i risultati ottenuti dai Gruppi Operativi di tutta Europa, attraverso l'organizzazione di vari eventi e gruppi di lavoro e la diffusione diretta di informazioni (www.eip-agri.eu).

Tra i primi Gruppi Operativi attivati in Italia, già nel 2016, troviamo il "Parco Commestibile". Il titolo del Piano di Innovazione portato avanti dal Gruppo Operativo è "Orticoltura e agroforestazione periurbane – Un'azienda agricola multifunzionale per gli ambiti periurbani" e ha inteso mettere a punto un modello di agricoltura multifunzionale che possa fungere da cerniera tra la città e la campagna [1]. Il Gruppo Operativo era costituito dal partenariato elencato nella tabella che segue.

| |
|---|
| Finanziamento: PSR 2014-2020 Regione Emilia-Romagna, Tipo di Operazione 16.1.01, Focus Area 2A – ammodernamento e diversificazione. |
|---|

| |
|---------------|
| Partenariato: |
|---------------|

- Centro Ricerche Produzioni Animali, CRPA S.p.A. - Capofila
- Fondazione CRPA Studi Ricerche
- Cielo d'Irlanda Cooperativa Sociale
- Società Cooperativa Agricola Ortolani, OrtoRè
- Università degli Studi di Parma – (Dipartimento SEA)

| |
|---|
| In collaborazione con il Comune di Reggio nell'Emilia |
|---|

Tab. 1 – Fonte di finanziamento e composizione del Gruppo Operativo Parco Commestibile

2. Relazione

2.1 Agroforestazione con gelsi

La realizzazione del prototipo di Parco Commestibile ha interessato un appezzamento che il Comune di Reggio Emilia ha messo a disposizione del Gruppo Operativo. Il terreno si trova nell'area periurbana di Canali, a sud della città, e ha una superficie di 1 ettaro. L'appezzamento ha le caratteristiche dimensionali idonee a costituire un modulo minimo che possa essere replicato in altre realtà agricole della fascia periurbana dei centri abitati regionali.

Seguendo i principi dell'agroforestazione, e con l'intento di ricostruire in piccola scala il paesaggio agrario tradizionale e incrementare la biodiversità e resilienza del sito, all'avvio del progetto nell'autunno 2016 erano state messe a dimora oltre 80 piante di gelso di cinque

diverse varietà certificate dal CREA-API, dell'età di 1-2 anni, su filari distanziati di 20 m e con distanza sulla fila di 7 m. La scelta di creare un sistema agroforestale con gelsi è stata dettata anche dall'esigenza di vedere il ritorno nelle nostre campagne di una specie arborea molto comune in passato; la presenza di questa specie sul territorio reggiano, dove la produzione di seta ha rappresentato a fasi alterne un'importante attività manifatturiera, data da almeno cinque secoli.

La gestione della parte arborea, condotta in collaborazione con consulente membro AIAF (Associazione Italiana AgroForestazione), nel primo anno è stata volta al corretto avvio dell'impianto, con una concimazione primaverile e il diserbo periodico sulle file; in seguito sono stati eseguiti due interventi di potatura per ogni anno, il primo a inizio marzo e il secondo a giugno, sul verde, assieme a controlli dello sviluppo e della sanità delle piante.

A fine 2019 sono stati effettuati dei rilievi biometrici sulle altezze (totale e di inserzione della chioma) e sui diametri (dal colletto fino ad 1,5 m di altezza). La crescita in altezza è risultata buona, con incrementi di oltre il metro nelle tre stagioni vegetative, giustificato dal giovane materiale vivaistico impiegato. Le altezze più elevate si sono registrate nelle varietà di gesso selezionate per la produzione di foglia (hm = 3,6 m), quelle inferiori nella varietà per la produzione di frutto (hm = 2,9 m), che meglio si conciliano per la raccolta. L'altezza della inserzione della chioma è infatti inferiore nelle varietà da frutto (hm = 1,0 m). La misurazione dei diametri conferma i buoni accrescimenti, con i valori medi al colletto che sono abbastanza simili nelle diverse varietà (dm = 8 cm). Lo sviluppo in altezza e in diametro restituiscono caratteri dimensionali che garantiscono in poco tempo l'integrazione nella consociazione tra la coltivazione annuale e le alberature.

2.2 Un parco con ortaggi

Le coltivazioni orticole sono state effettuate in prevalenza all'interno di 6 parcelle ricavate tra le file di gelsi ed estese anche su tre lati al di fuori del gelseto. L'iniziativa del GOI e in particolare l'area adibita ad orticoltura e agroforestazione sono state da subito denominate come "Parco Commestibile", utile al fine di rendere l'iniziativa maggiormente riconoscibile da parte dei cittadini/consumatori.

A inizio lavori si era proceduto ad una concimazione di fondo con pollina, seguita dalla coltivazione di vari ortaggi come aglio, patate, cipolle tipo Tropea, zucchine chiare e scure, pomodori da mensa e da conserva, pomodorini, zucche tipo Delica e tipo Violina, peperoni e peperoncini, finocchi, broccoli, cavolfiori, cavoli verza e cappucci, fagiolini, varie lattughe. Inoltre in estate 2017 erano state messe a dimora piante di fragole sulle file dei gelsi (negli spazi di 7 m che separano un albero dall'altro), con pacciamatura plastica che evita l'inerbimento. In tal modo si è potuto irrigare e concimare contemporaneamente le fragole e i gelsi.

Su tutto l'appezzamento l'irrigazione è stata condotta con acqua di pozzo e realizzata con ali gocciolanti, che consentono un significativo risparmio idrico rispetto ad altri metodi.

La gestione delle coltivazioni orticole è stata condotta impiegando lavoratori con problemi di inserimento sociale (prevalentemente detenuti a fine periodo di pena ed ex tossicodipendenti) e favorendo per quanto possibile le operazioni manuali a discapito di quelle meccaniche.

Al Parco Commestibile nell'arco di un triennio è stato avviato e completato il percorso di conversione al metodo di coltivazione biologico. Per questo si è potuto mantenere l'area coltivata a libero accesso, senza recinzioni e con corridoi pedonali generalmente sfalciati tra i parcelloni coltivati. In tal modo si è cercato di favorire il contatto diretto della cittadinanza e dei consumatori dei prodotti del Parco con il conduttore ed i lavoratori. Sono stati organizzati periodici incontri con visite guidate e attività didattiche per scuole e campi giochi estivi, in collaborazione con il Comune di Reggio Emilia.

Azioni di monitoraggio ambientale hanno riguardato prelievi e analisi di campioni di terreno, acque irrigue, acque di ritenzione del suolo; il livello di nitrati, elevato nelle acque di irrigazione da pozzo, risulta invece mitigato nel suolo.

2.3 Innovazione di prodotto

Una delle azioni del progetto ha previsto lo sviluppo di nuove preparazioni di minestre di verdura e di confetture a base di more di gelso in laboratorio di analisi sensoriale.

Il loro livello di gradimento è stato valutato attraverso un test di accettabilità che ha previsto la somministrazione ai consumatori dei campioni di minestre/confetture in modalità blind ovvero senza fornire alcuna informazione aggiuntiva. Il test è stato condotto impiegando il metodo del punteggio edonistico e in ambiente controllato (laboratorio a norma UNI ISO 8589). I consumatori dovevano indicare il loro gradimento complessivo su una scala a 9 punti (1= estremamente sgradito, 9 = estremamente gradito).

Per la messa a punto delle nuove minestre di verdura si è partiti realizzando 14 diverse preparazioni, sottoposte ad un test preliminare di accettabilità con 15 consumatori abituali di minestre/passati. Il maggiore gradimento è stato riscontrato per zuppa di legumi, zuppa di ceci e zucca, zuppa di fagioli, passato arancione (a base di zucca e carota), passato bianco (a base di porro e patate) e minestrone classico. In seguito, su queste 6 ricette si sono svolti i test di accettabilità con 60 consumatori abituali di minestrone/passato. Tutte le 6 formulazioni sono state ampiamente apprezzate, in particolare il maggiore gradimento è stato riscontrato per zuppa di ceci e zucca e passato arancione. Queste due referenze di minestre di verdura sono quindi state proposte alla GDO per la distribuzione nei loro negozi locali col 'brand' di Parco Comestibile, che diventa così anche il marchio che si utilizza per offrire prodotti orticoli con una marcata connotazione territoriale ed etica, ricercando un nuovo approccio alla commercializzazione, rivolta in particolare ai cittadini dei quartieri limitrofi al sito di produzione. Per lo sviluppo delle confetture di gelso sono state realizzate 4 preparazioni con i frutti neri e 6 con i frutti bianchi, variando la quantità di frutta impiegata, il contenuto di zucchero, l'impiego di pectina, il tempo di cottura. Le confetture sono state sottoposte ad un test preliminare di accettabilità e ad un focus group con 25 consumatori. Le confetture con i frutti bianchi sono state giudicate in generale troppo dolci e difficilmente spalmabili. I consumatori hanno rilevato che le more di gelso bianche, essendo essenzialmente dolci e non possedendo un aroma caratteristico di frutta, poco si prestano ad essere trasformate in confetture. Per quanto riguarda le more di gelso nere, due ricette sono risultate abbastanza gradite per il sapore/aroma anche se la consistenza è stata giudicata troppo liquida.

Le ricette di more nere ritenute migliori sono state riviste per soddisfare le esigenze espresse nel focus group e sottoposte ad un test di accettabilità con 60 consumatori abituali di confetture. La ricetta che ha ottenuto più successo è risultata quella contenente solo il 25% di zucchero e succo di limone senza aggiunta di pectina. Con le more bianche è stata invece realizzata una confettura aromatizzata con olio essenziale di senape, particolarmente apprezzata dai 60 consumatori sia tal quale sia in abbinamento con formaggi.

2.4 La percezione dei consumatori

Il coinvolgimento dei cittadini ha rappresentato una delle maggiori sfide per il Parco Comestibile, come chiave per garantire la sua sostenibilità economica e sociale. Da una parte il GOI ha cercato di avvicinare i cittadini/ consumatori organizzando attività di divulgazione e ricreative, con l'obiettivo di diffondere i principi e il valore dell'iniziativa; dall'altra si sono sperimentate diverse modalità di vendita, per rendere maggiormente accessibile l'acquisto dei prodotti: attivazione di punti di vendita diretta; preparazione di cassette su prenotazione; vendita attraverso il gruppo Facebook REKO. Dal 2019 e grazie alla spinta venuta dalla cit-

tadinanza, è stata attivata una collaborazione con il supermarket del quartiere in cui si trova il Parco Commestibile, a 500 m di distanza da questo, con la predisposizione di uno specifico corner di vendita degli ortaggi del Parco.

Per conoscere le esigenze e il grado di soddisfazione dei consumatori è stata condotta un'indagine basata su due questionari: dopo un anno per comprendere il profilo dei consumatori del Parco Commestibile, le loro abitudini alimentari e l'interesse verso il progetto; dopo tre anni per rilevare informazioni rispetto al grado di soddisfazione e alla percezione dei consumatori sulle dimensioni politica, economica e sociale del progetto.

Attraverso il questionario iniziale si è riscontrato un alto interesse verso il progetto, motivato dalla possibilità di accedere a prodotti di stagione, locali e di qualità e dalla volontà di sostenere il quartiere. Dal questionario finale è emerso che la metà delle persone intervistate acquista i prodotti del Parco da quando sono presenti al supermarket locale; questo canale di vendita facilita soprattutto i single e le famiglie con un basso numero di componenti.

È stato rilevato un notevole grado di soddisfazione verso il valore del progetto in termini generali, e un alto grado di soddisfazione rispetto alla qualità dei prodotti e al metodo di acquisto. È inoltre interessante osservare che oltre un terzo degli intervistati non considera il prezzo un elemento determinante per la scelta dei prodotti del Parco Commestibile.

I consumatori che si sono avvicinati al progetto attribuiscono moltissima importanza ai seguenti fattori: la possibilità di acquistare i prodotti del Parco Commestibile nei piccoli esercizi commerciali della città; il biologico, come elemento favorevole per la salute dei consumatori; la possibilità di recarsi direttamente nel luogo di produzione. Si osserva, inoltre, una forte convinzione che i prodotti del Parco Commestibile siano maggiormente salubri e sani rispetto ai prodotti convenzionali, con un basso impatto ambientale e un alto grado di salvaguardia di biodiversità. Infine, emerge un elevato livello di sensibilità e interesse nell'acquistare prodotti a km0 e provenienti da sistemi di produzione che possano mitigare i cambiamenti climatici.

2.5 Carbon footprint

Per Carbon footprint (impronta di carbonio) si intende la somma di tutte le emissioni di gas serra correlate alle produzioni, evidenziandole in termini di emissioni di CO₂ equivalente, unità di misura che permette una quantificazione aggregata di tutti i gas serra, che per le produzioni agricole sono, oltre alla CO₂, il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O).

La Carbon footprint delle produzioni orticole del Parco è stata quantificata utilizzando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment, Analisi del ciclo di vita), ampiamente utilizzata per identificare le più significative fasi di emissione e di uso di risorse all'interno di un processo produttivo.

L'analisi LCA richiede che siano chiaramente individuati l'obiettivo e i confini dello studio, definendo anzitutto l'unità di riferimento rispetto alla quale vengono valutati gli impatti. In questo caso, data la molteplicità delle coltivazioni, si è optato per una valutazione complessiva delle emissioni dovute alle diverse produzioni del Parco Commestibile. I confini del sistema analizzato hanno incluso tutti gli input di materiali necessari alle coltivazioni. Sono stati anche inclusi i trasporti fino al punto di vendita.

In pratica è stato valutato il ciclo vita dell'insieme di tutti gli ortaggi coltivati, considerati come una sorta di "minestrone". Come unità funzionale è stato considerato il chilogrammo di prodotto (il "minestrone" appunto), calcolando una media complessiva di 0,123 kg CO₂eq/kg di prodotto.

Si è inoltre considerato che gli alberi di gelso del Parco Commestibile attraverso la fotosintesi clorofilliana catturano la CO₂ atmosferica inglobando il carbonio (C) nel legno. In via cautelativa è stato stimato un modesto accrescimento annuale di legno di circa 7 kg/pianta. Considerando la densità e l'umidità del legno e il suo contenuto di carbonio (circa 50%) si ottiene

un assorbimento di 10 kg di CO₂/pianta/anno. La potenzialità di sequestro per le 80 piante/ha risulta in 800 kg di CO₂/ha/anno. Computando questo sequestro, le emissioni si riducono a 0,109 kg CO₂eq/kg di prodotto.

Considerando le percentuali dei diversi prodotti orticoli e prendendo come riferimento i valori contenuti nella banca dati collegata alla metodologia LCA, relativi alle emissioni di prodotti equivalenti del mercato mondiale globale, si ottiene una corrispondenza emissiva decisamente superiore e pari a 0,381 kg CO₂eq/kg.

L'impronta di carbonio degli ortaggi del Parco Commestibile risulta quindi significativamente inferiore rispetto ai prodotti equivalenti di norma commercializzati nei supermercati (esclusi i prodotti legati a particolari filiere produttive) e il contributo del carbonio sequestrato nel legno dagli alberi è in grado di ridurre ulteriormente l'impatto.

3. Conclusioni

Il piano di Innovazione ha permesso di sviluppare un nuovo modello di azienda agricola per gli ambiti periurbani dove la multifunzionalità si esprime a 360 gradi, interessando oltre alle variegate produzioni agricole anche aspetti paesaggistici, ambientali e socio-culturali.

Parco Commestibile è un'azienda che pratica un'efficiente gestione delle risorse idriche, dei fertilizzanti e fitofarmaci, in grado di dare reddito e potenzialmente riproducibile e trasferibile ad altri quartieri e città. La produzione/trasformazione/vendita degli ortaggi si estrinsecano entro un areale di pochi chilometri, così riducendo in modo significativo le emissioni di gas serra collegate alla logistica e confezionamento dei prodotti.

Ad oggi il Parco Commestibile rappresenta uno dei primi esempi di coltivazione di prodotti vegetali a completo servizio della comunità. Tra gli obiettivi che vanno oltre la durata temporale del progetto finanziario vi è la prosecuzione dell'esperienza e la trasferibilità del modello sviluppato, eventualmente rivisto e adattato alle situazioni locali, in altri quartieri di Reggio Emilia e in altre città.

Con l'obiettivo di rafforzare questa esperienza, si sta costituendo un Living Lab "rurale" condotto nel progetto LIVERUR. Capofilato dall'Università Cattolica Sant'Antonio di Murcia – UCAM e presentato alla Research Executive Agency della Commissione Europea su un bando del programma HORIZON 2020, il progetto mira ad espandere un modello di business innovativo chiamato Living Lab nelle regioni rurali. I Living Lab sono ecosistemi aperti all'innovazione, centrati sull'utente, che operano spesso in un contesto territoriale, integrando processi di ricerca e innovazione nell'ambito di un partenariato pubblico-privato. La base per la strategia per lo sviluppo di un Living Lab rurale consiste nel creare una partnership sostenibile di stakeholders, quali utenti, decisori politici, aziende, ricercatori che stipulano accordi in base ai quali possono impegnarsi in una collaborazione a lungo termine. Al centro del Living Lab vi è inoltre l'economia circolare, l'innovazione sociale, digitale e la sostenibilità sociale.

L'inclusione del Parco Commestibile all'interno del progetto ha quindi l'obiettivo di consolidare un modello di business innovativo capace di assicurare la sostenibilità ambientale, sociale ed economica e favorire percorsi di co-creazione basati sul dialogo tra entità pubbliche – in primis il Comune di Reggio Emilia e Fondazione E35 - e quelle imprenditoriali, di tipo agricolo e sociale, coinvolgendo anche la cittadinanza, che rappresenta il beneficiario finale/cliente dei risultati dell'iniziativa. Per la sostenibilità economica di questo tipo di iniziative chiaramente risulta fondamentale, oltre alla produzione e vendita a prezzi adeguati degli ortaggi, cercare di valorizzare economicamente le varie funzioni di un Parco Commestibile, di tipo ambientale, paesaggistico, sociale, didattico, ecc.

In prospettiva il Parco Commestibile vuole configurarsi come un'azienda agricola multifunzionale, con un'efficiente gestione delle risorse, capace di essere presidio della biodiversità agraria, con l'inserimento nelle rotazioni di specie e varietà autoctone e recuperate. La sua so-

stenibilità sociale ed economica dovrebbe accrescersi attraverso un'interazione sempre maggiore con i cittadini del quartiere che lo ospita. Così potrà divenire una realtà riproducibile e trasferibile ad altri quartieri e città, contribuendo alla diffusione della strategia "Farm to Fork".

Bibliografia

[1] Lasorella M.V. (2019). Il Parco Commestibile (intervista a cura dell'autrice). RRN MAGAZINE - Rivista della Rete Rurale Nazionale - Numero 7 - 30 giugno 2019 (Rivoluzione silenziosa della zappa), pagine 50-52.

AGRI-FOOD, FORESTRY AND BIOBASED INDUSTRY

ARCHITETTURA E NATURA: BIOEDILIZIA, BIOECONOMIA FORESTALE, ECO-DESIGN

Alberi ed ecosistemi forestali stanno acquisendo importanza e risonanza sempre più vaste a livello mondiale, come importanti sistemi di regolazione del clima e di mitigazione della biosfera ma anche come elementi indispensabili per restituire resilienza e sostenibilità ai nostri territori sempre più urbanizzati, costituendo così una connessione fondamentale tra i sistemi dell'architettura e quelli della natura.

Le foreste, quindi, non svolgono soltanto l'importante funzione di fornire servizi ecologici di fondamentale importanza per la biosfera e la società umana ma anche un ruolo rilevante per la produzione di risorse naturali rinnovabili per la bio-economia.

Per il sistema italiano della filiera foresta-legno-biomasse, caratterizzato da una leadership riconosciuta a livello internazionale, "la questione ambientale" rappresenta quindi una grande opportunità, soprattutto in virtù delle proprietà uniche del sistema albero-foresta e della materia prima legno fino alle fibre ed all'attivazione del riciclo della carta.

La sessione presenta contributi che trattano tali tematiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Confagricoltura, AssoCarta, Università della Tuscia**

Presidenti di sessione:

- Giuseppe Scarascia-Mugnozza, *Università della Tuscia*
- *Confagricoltura* (TBD)

GreenChainSAW4LIFE: una filiera del legno a basse emissioni grazie alla Climate-smart Forestry

*Cristian Accastello; cristian.accastello@walden.srl; Walden srl; Torino, Italia
Lucio Vaira; lucio.vaira@walden.srl; Walden srl; Torino, Italia*

Riassunto

Il progetto GreenChainSAW4LIFE (2019-2023) mira alla creazione di una filiera del legno innovativa e coordinata nei territori rurali e montani al fine di migliorare il potenziale di mitigazione delle foreste e realizzare prodotti legnosi da produrre e consumare localmente. Nell'area di studio della Valle Po (6'000km²; 30% di copertura forestale) sarà testata l'applicazione del concetto di Climate-smart Forestry, finalizzato a stimolare la crescita dei boschi per aumentarne la capacità di sequestro della CO₂ e a fornire una risorsa rinnovabile per la popolazione locale. Attraverso un sistema informatico composto dall'applicativo "Forest Buddy" e da un sistema di supporto decisionale, il legname verrà utilizzato, con un approccio a cascata, per la produzione di biomateriali ed energia per una comunità energetica. Questo approccio consente di ottimizzare i benefici di una gestione forestale multifunzionale, fornendo svariati servizi ecosistemici alle comunità locali.

Summary

GreenChainSAW4LIFE (LIFE project 2019-2023) aims at implementing an innovative and coordinated timber supply chain in rural and mountain areas to enhance the mitigation potential of forest stands and produce wood products to be manufactured and consumed locally. The study area of Po Valley (6'000 km², 30% forest cover) will experience a practical applications of the Climate-smart Forestry concept, aimed to stimulate forest growth to improve the carbon sequestration and provide a renewable resource for the needs of the local population. Through an informatic system composed by the "Forest Buddy" app for forest managers and a decision support system for the supply chain actors, the timber will be used for (1) biomaterials and (2) energy for a local energy community. This approach allows optimising the benefits of a multifunctional forest management able to supply multiple ecosystem services for a sustainable development of the local communities.

1. Introduzione

Le aree rurali e montane del nostro Paese, anche definite "aree interne" dalla relativa Strategia Nazionale [1], sono caratterizzate da una condizione di ambivalenza che ne preclude un pieno sviluppo socio-culturale. Da un lato, esse sono state oggetto di un vasto spopolamento nel corso degli ultimi decenni, che ha portato ad una generale riduzione dei servizi, della forza lavoro e delle attività produttive in queste aree. D'altra parte, entro i loro confini è collocata la maggior parte del capitale naturale italiano: cioè l'insieme di aree protette e ecosistemi che presentano ancora un elevato grado di naturalità e coesione. Grazie alle loro caratteristiche, essi forniscono la maggior parte dei servizi ecosistemici di cui gode la società, e rappresentano

una risorsa che, se gestita in maniera sostenibile, può rappresentare una leva per lo sviluppo di queste aree [2]. Il progetto GreenChainSAW4LIFE si propone di attuare una strategia di sviluppo sostenibile delle aree interne attraverso lo sviluppo di una filiera del legno locale e coordinata che possa valorizzare una delle materie prime più diffuse sul territorio: il legname. Attraverso lo sviluppo di un sistema di controllo informatizzato che accompagni l'intera filiera, le azioni di gestione del patrimonio boschivo locale consentiranno di:

- ottenere un miglioramento della qualità dei boschi in termini di resilienza, fornitura di servizi ecosistemici e sequestro di CO₂ grazie all'applicazione del concetto di Climate-smart Forestry;

- fornire una risorsa locale e di qualità alle aziende di prima e seconda trasformazione, promuovendo l'utilizzo a cascata del legno sia come biomateriale sia come fonte di energia rinnovabile. Accompagnando questo materiale lungo la filiera, il sistema informatico consentirà inoltre di tracciarne le emissioni e misurarne il basso, o nullo, impatto ambientale.

2. Relazione

2.1 *Climate-smart Forestry*

La Climate-smart Forestry (CSF), o selvicoltura climaticamente intelligente, è un approccio olistico alla gestione forestale sviluppatosi solo recentemente e con ancora scarse applicazioni pratiche [3], [4]. Esso propone di attuare una selvicoltura che integri gli obiettivi climatici globali all'interno dei principi della gestione sostenibile, attraverso tre componenti principali:

- Aumentare la quantità di CO₂ sequestrata e immagazzinata nelle foreste, pur restando la necessità di fornire gli altri servizi ecosistemici essenziali;

- Migliorare la salute e la resilienza dei popolamenti forestali attraverso una gestione adattativa;

- Utilizzare i prodotti legnosi in maniera sostenibile per sostituire i materiali non rinnovabili.

Questo approccio, si pone quindi come obiettivo quello di mobilitare le risorse e le potenzialità del settore forestale al fine di contribuire in maniera positiva alla lotta ai Cambiamenti Climatici (CC) attraverso attività di mitigazione ed adattamento agli stessi. A livello italiano, la sua applicazione potrebbe consentire di "mettere in circolo" le enormi risorse, ad oggi spesso inutilizzate o sotto-utilizzate, che caratterizzano le aree interne, ottimizzando il loro contributo climatico. Inoltre, in maniera altrettanto importante, una peculiarità di questo concetto è il non limitarsi alla sola gestione forestale, ma, come illustrato dal suo terzo componente, gli effetti della sua applicazione si riversano a cascata sulla filiera del legno con l'obiettivo di valorizzare i prodotti legnosi dal maggiore potenziale di riduzione delle emissioni e di immagazzinamento della CO₂, tra cui potrà essere compresa anche la produzione di energia. Essendo un concetto di recente sviluppo, ad oggi sono ancora in fase di elaborazione sia le pratiche che gli indicatori da adottare per l'applicazione pratica di questo concetto. Diversi autori si sono concentrati su questi temi, sia elencando criteri e modalità di monitoraggio per la valutazione degli effetti della CSF sui popolamenti forestali [4], sia misurando il potenziale impatto della sua applicazione a livello continentale e regionale [5], presentando alcuni casi studio e calcolando un bilancio delle emissioni di vari scenari alternativi [6], [7]. A questo proposito, ciò che emerge da un'analisi della letteratura scientifica, è la mancanza di pratiche e tecniche ben definite da adottare per tradurre i concetti della CSF nell'applicazione reale.

Al fine di colmare questa lacuna, all'interno del progetto GreenChainSAW4LIFE sono state intraprese le azioni necessarie a individuare le pratiche di mitigazione e adattamento più adatte all'area di studio (capitoli 2.2 e 2.4), e sono stati sviluppati i sistemi informatici necessari al

monitoraggio della filiera e delle sue emissioni (capitolo 2.3 e 2.5). In particolare, è stato deciso di focalizzare l'applicazione del CSF in maniera prioritaria sui popolamenti maggiormente vulnerabili agli impatti del CC, da individuare con una metodologia ad hoc.

2.2 L'area di studio

L'area di studio scelta per l'applicazione di questi principi è la Valle Po, coincidente con il territorio sede del progetto GreenChainSAW4LIFE. Quest'area è localizzata nelle Alpi Cozie (sud-ovest del Piemonte), ha un andamento est-ovest ed ospita la sorgente ed il corso del fiume (Figura 1).

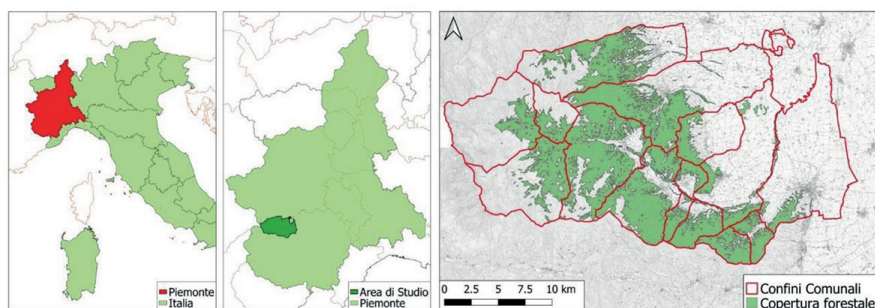


Fig. 1 – Inquadramento geografico dell'area di studio

Climaticamente l'area appartiene al distretto del regime pluviometrico Prealpino di tipo b, che presenta un minimo principale in inverno, massimo principale in primavera e secondario in autunno. La presenza del massiccio del Monviso (3841m s.l.m.) in testata di valle blocca le correnti umide che provengono dalla pianura, favorendo precipitazioni elevate che si attestano attorno ai 1000 mm annui. Conseguenza del minimo di precipitazioni nella stagione invernale, è la marcata siccità che caratterizza i mesi invernali ed aumenta notevolmente il rischio degli incendi forestali, soprattutto nelle stagioni invernali in cui non vi è copertura nevosa al suolo e nelle giornate in cui sulla valle soffia un forte vento di caduta (Foehn). In generale, questa conformazione determina un ambiente estremamente ricco di ecosistemi diversi e molto variegato, con accentuate differenze altitudinali e legate all'esposizione. Da un punto di vista vegetazionale gli ambienti sono tipici dell'arco alpino, con fondivalle prevalentemente coltivati e/o pascolati, una vasta fascia boschiva in espansione ed una fascia di pascoli utilizzati solo stagionalmente. L'area è abitata da circa 47'000 persone divise in 15 comuni, ed è interessata da un grande afflusso turistico concentrato nei mesi estivi. I popolamenti forestali, al 74% di proprietà privata, occupano circa il 30% della superficie della valle (circa 20'000ha), con una netta prevalenza dei castagneti (48%), seguiti da acero-tiglio-frassineti (19%), faggete (11%) e boscaglie (10%), più altre categorie presenti in maniera minore. Come si nota da questi dati, nell'area vi è una netta prevalenza delle latifoglie, spesso con popolamenti in passato soggetti ad un governo a ceduo ed abbandonati negli ultimi decenni. Inoltre, i popolamenti di castagno presentano tutte le difficoltà gestionali e patologiche che hanno afflitto questa categoria dal secondo dopoguerra: l'abbandono delle selve castanili e la loro conversione a ceduo con l'ingresso di altre specie meno pregiate; la diffusione del cancro corticale e del cinipide galligeno; i problemi tecnologici che ne affliggono il legname. In questo contesto, difficile seppur comune a molte aree interne italiane, la CSF può rivelarsi l'approccio più corretto per valorizzare il carbonio stoccato in questi popolamenti, e migliorarne l'attrattività sul mercato dei loro prodotti.

Il sistema di supporto decisionale

Al fine di applicare l'approccio CSF e validarne l'efficacia, è stato necessario sviluppare una procedura che consentisse di integrare diverse tipologie di dati bibliografici e raccolti sul campo al fine di individuare delle risposte operative utili alla gestione forestale dell'area di studio. Il diagramma che descrive questo processo è riportato nella figura 2.

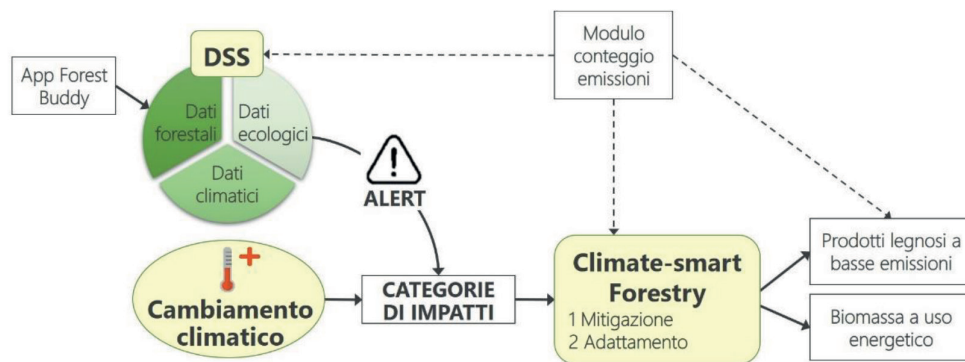


Fig. 2 – Organizzazione concettuale del DSS

Pertanto, per integrare queste diverse componenti è stato sviluppato un sistema di supporto decisionale (DSS, dall'inglese Decision Support System) che accompagni l'intera filiera e monitori i diversi passaggi compiuti dalle risorse legnose, dal bosco alla loro vendita/consumo. Esso integra tre principali tipologie di dati: forestali, ecologici e climatici. Associato al DSS principale è stato anche sviluppato un modulo appositamente dedicato alla misurazione ed al tracciamento dei diversi stock di carbonio accumulati nel legno. Questo modulo, basato sul software CBM [8], consente di misurare la CO₂ sia a livello di popolamento, tenendo conto della sua evoluzione nel tempo in conseguenza di diverse ipotesi gestionali, sia nei prodotti legnosi ottenuti dalle utilizzazioni.

Le informazioni ecologiche relative ai boschi dell'area di studio, necessarie per individuare i popolamenti maggiormente soggetti agli impatti del CC, riguardano principalmente l'optimum vegetativo ed i limiti inferiori e superiori di temperature, precipitazioni e altitudine delle categorie forestali presenti, più altre peculiarità ecologiche specie-specifiche. Esse sono state raggruppate in base ai lavori di [9]–[13] e inserite in un database. Per quanto riguarda le informazioni forestali, esse sono state raccolte attraverso una campagna di raccolta dati tramite aree di saggio diffuse in tutta l'area di studio al fine di raccogliere informazioni su categoria forestale, dati topologici (quota, esposizione, posizione), dendrometrici (volume, accrescimenti, ...) e vulnerabilità ai più probabili impatti del CC nell'area. Infine, sono stati definiti degli scenari climatici di riferimento, basandosi sull'approccio multi-model sviluppato da ARPA Piemonte a livello regionale [14] a partire dagli scenari IPCC [15], al fine di fornire alle tipologie di dati sopra elencate una dimensione temporale tale da giustificare l'adozione della CSF nel tempo e verificarne i benefici. Il confronto tra i dati attuali dei popolamenti forestali ed i dati ecologici e climatici consentirà di localizzare i popolamenti maggiormente a rischio degli impatti del CC in quanto fuori dal loro optimum ecologico o localizzati in aree a rischio. L'emergenza di queste situazioni diventerà quindi evidente all'utilizzatore del DSS tramite la comparsa di "alert", o notifiche, relative al verificarsi delle problematiche sopra elencate.

Al fine di ottimizzare la raccolta dati delle informazioni forestali, all'interno del progetto è stato sviluppato l'applicativo per smartphone "Forest Buddy". Questo innovativo strumento consente un'agevole immissione dei dati e assicura la corretta elaborazione degli stessi in maniera coerente con la normativa regionale, ottimizzando le tempistiche di lavoro. Forest

Buddy è uno strumento versatile che consente la realizzazione di diverse tipologie di aree di saggio forestali e raccoglie tutte le informazioni necessarie alla realizzazione di piedilista di martellata, rilievi assestamentali, indagini incrementali e analisi degli impatti del CC sui popolamenti. Per questi motivi, in futuro si prevede di consentire la distribuzione dell'app tra tecnici forestali ed altro personale tecnico, rendendo disponibile un interessante strumento di lavoro dall'utilizzo intuitivo e capace di ridurre in maniera significativa la mole di lavoro e di errori della fase di data entry successiva alla raccolta dati in bosco.

2.4 Pratiche di adattamento e mitigazione

Parallelamente alla raccolta e organizzazione dei dati di base del DSS, al fine di individuare e applicare pratiche selvicolturali ispirate alla CSF, si è proceduto con una metodologia in più fasi. Dapprima, si è deciso di scomporre le problematiche del CC in diverse categorie d'impatti, cioè insieme che raggruppino gli effetti dei CC sui sistemi naturali e umani, intesi come significativo aumento della frequenza e/o dell'intensità di questi eventi [16]. Queste categorie, volte a sistematizzare i numerosi effetti del CC e semplificarne la gestione, sono descritte nella tabella 1.

| N. | Categoria | Descrizione |
|----|-----------------------------|---|
| 1 | Instabilità strutturale | Elementi ecologici, stazionali, orografici e meteorologici che determinano il danneggiamento o schianto del popolamento (dissesti idrogeologici, ribaltamento delle ceppaie, eventi di caduta massi, valanghivi, alluvionali ed erosivi, ...) |
| 2 | Disturbi biotici | Insieme dei patogeni fungini, virali, insetti, specie vegetali alloctone e altre fitopatie |
| 3 | Incendi | Incendi di diversa origine, tipo, dimensione e intensità |
| 4 | Deperimenti e stress idrici | Manifestazioni che portano la pianta ad uno stato deficitario (inquinamento, ondate di calore; colpi di sole; ...), fenomeni di stress idrico e altri eventi meteorologici (stress, siccità, eventi precipitativi estremi; ristagni; gelate; schianti da neve, ...) |
| 5 | Difficoltà di rinnovazione | Insieme degli elementi ecologici, stazionali e gestionali che determinano una difficoltà nel raggiungere gli obiettivi di rinnovazione naturale del popolamento |

Tab. 1 – *Categorie d'impatti del CC e loro descrizione*

Successivamente, in base a queste categorie, è stata compiuta una ricerca bibliografica delle pratiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici applicabili in un ambiente temperato. La ricerca ha compreso sia la letteratura scientifica che quella grigia, nazionale ed internazionale, ed ha portato alla creazione di un database di 31 buone pratiche adottabili nei popolamenti forestali della valle [17]–[19]. Ognuna di queste pratiche è stata quindi suddivisa tra “adattamento” e “mitigazione” ed i suoi effetti sono stati assegnati ad una o alcune delle cinque categorie. Infine, in base alle categorie d'impatti più rilevanti per ogni categoria forestale, individuate sia tramite una ricerca bibliografica sia raccogliendo informazioni a livello locale, ad ognuna di esse sono state assegnate le pratiche di mitigazione e adattamento più adatte scegliendo tra quelle selezionate precedentemente. Un esempio delle pratiche adottate per mitigare gli impatti sulla categoria forestale più diffusa nell'area di studio, il castagneto, è riportato nella tabella 2.

| Categoria forestale | Impatto | Mitigazione 1 | Mitigazione 2 | Adattamento 1 | Adattamento 2 |
|---------------------|---------|--|--|--|--|
| Castagneti | 1 | Ceduazione dei popolamenti maturi | Mantenere la chiusura delle chiome | Favorire insediamento di specie autoctone | - |
| | 2 | Ceduazione dei popolamenti maturi | Favorire il drenaggio idrico | Favorire insediamento di specie autoctone | - |
| | 3 | Ceduazione dei popolamenti maturi | Cure colturali sui popolamenti giovani | Diversificare la struttura orizzontale e verticale | Favorire insediamento di specie più resistenti |
| | 4 | Limitare intensità degli interventi selvicolturali | Mantenere copertura erbacea/arbustiva al suolo | Favorire l'insediamento di specie autoctone | Favorire microcrositi freschi |
| | 5 | - (impatto assente) | | | |

Tab. 2 – Esempio delle pratiche associate a ogni categoria forestale e impatto

L'adozione di queste pratiche consente di soddisfare anche il secondo principio della CSF. Infatti, sfruttando l'aumento nel tasso di crescita del bosco successivo alla realizzazione dell'intervento selvicolturale, anche i popolamenti più vulnerabili agli impatti del CC potranno migliorare la qualità ed il valore degli assortimenti retraibili, ospitare specie di maggiore interesse tecnologico ed ecologicamente più adatta alla stazione, ed in generale accrescere la loro resilienza a lungo termine. Inoltre, grazie all'individuazione precoce dei popolamenti più vulnerabili, ci si aspetta una riduzione dei danni causati dagli impatti del CC, un generale aumento della sicurezza di persone e cose rispetto ai rischi naturali ed un contributo alla mitigazione dei CC grazie ad un sequestro di CO₂ ottimizzato rispetto agli standard odierni di abbandono culturale.

2.5 Prodotti legnosi a basse emissioni

Infine, una volta seguite le prescrizioni più adatte suggerite dal DSS ed essere intervenuti nei popolamenti maggiormente vulnerabili al CC, anche il legname ottenuto potrà essere immesso sul mercato seguendo i principi della CSF. Pertanto, sarà importante adottare un approccio a cascata che privilegi gli utilizzi del legname dal valore maggiore, ma anche maggiormente capaci di ottenere un effetto sostituzione su altri prodotti generalmente realizzati con materie prime non rinnovabili. In questo modo la CO₂ immagazzinata all'interno del legno potrà essere stoccata per un periodo di tempo maggiore e, contemporaneamente, verrà riconosciuto il valore aggiunto di una risorsa gestita in maniera responsabile e climaticamente positiva. In alternativa a questo approccio a cascata, non sempre applicabile a causa della qualità e quantità di legname disponibile, all'interno del progetto verrà prestata particolare attenzione anche all'utilizzo energetico delle biomasse forestali e del loro impatto emissivo. Pur consci delle controverse opinioni legate alla sostenibilità di questa fonte energetica [20], riteniamo che la biomassa ottenuta dalla CSF sia caratterizzata da due elementi molto significativi quali: 1) la ridotta distanza tra il luogo di produzione e quello di consumo della materia, grazie alla creazione di comunità energetiche all'interno dell'area di studio, che assorbiranno l'offerta di

biomassa locale generata dagli interventi forestali; 2) i benefici in termini di sequestro di CO₂ nei popolamenti forestali in cui si è intervenuto: come accennato in precedenza, il carbonio potrà essere immagazzinato nel legno più a lungo e, nei casi in cui la biomassa sia utilizzata a fini energetici, questo rilascio sarà compensato dall'aumento della crescita dei boschi gestiti attivamente e dalla rinuncia agli altri combustibili fossili.

3. Conclusioni

Riteniamo che la realizzazione di un DSS che sappia tracciare il legname prodotto e consumato localmente, dimostrandone gli indubbi vantaggi economici, occupazionali e climatici possa essere un risultato di grande interesse per liberare il potenziale di molte aree interne, strette tra grandi capitali naturali e scarso livello di imprenditorialità e servizi. Inoltre, questo progetto rappresenta una delle prime applicazioni pratiche dei principi della CSF, un concetto oggi all'avanguardia in Europa e di cui si ha grande necessità per sfruttare interamente il potenziale impatto positivo sul clima del settore forestale. A ciò infine si accompagna la creazione di strumenti informatici che possano innovare e supportare il ruolo dei tecnici forestali e delle amministrazioni pubbliche, figure insostituibili nelle loro capacità decisionali, ma bisognose di un supporto qualificato nel complesso tentativo di trovare un compromesso tra i numerosi attori coinvolti e le svariate funzioni che il bosco offre. Nonostante le difficoltà nell'adattare uno strumento informatico complesso ad una filiera disgregata come quella del legno, riteniamo che questo lavoro possa costituire un esempio positivo per molte aree interne interessate dallo stesso tipo di problematiche e che sia capace di fornire risposte pratiche, efficaci e locali ai grandi problemi globali che interessano la nostra società oggi.

Bibliografia

- [1] Ministero per la Coesione Territoriale, *Strategia Nazionale Aree Interne*. 2019.
- [2] M. Marchetti, "The 'inner areas', challenges and opportunities for the country and the forestry sector," *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, vol. 13, no. 1, pp. 35–40, Dec. 2016.
- [3] FAO, *Forestry for a low-carbon future: Integrating forests and wood products in climate change strategies*. Rome, Italy, 2016.
- [4] E. Bowditch *et al.*, "What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe," *Ecosystem Services*, vol. 43, Jun. 2020.
- [5] G.-J. Nabuurs, P. J. Verkerk, M.-J. Schelhaas, J. Ramón González Olabarria, A. Trasobares, and E. Cienciala, "Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions."
- [6] R. Jandl, T. Ledermann, G. Kindermann, A. Freudenschuss, T. Gschwantner, and P. Weiss, "Strategies for Climate-Smart Forest Management in Austria," *Forests*, vol. 9, no. 10, p. 592, Sep. 2018.
- [7] R. Yousefpour *et al.*, "Realizing Mitigation Efficiency of European Commercial Forests by Climate Smart Forestry OPEN," *Nature Scientific Reports*, vol. 8, no. 345, 2018.
- [8] S. Kull, G. Rampley, S. Morken, J. Metsaranta, E. Neilson, and W. Kurz, "Operational-Scale Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: User's Guide," 2014.
- [9] G. Bernetti, *Selvicoltura Speciale*. Torino, Italy: UTET, 1995.
- [10] J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, and A. Mauri, *Online European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.
- [11] G. Alberti *et al.*, "Linee guida per la gestione selvicolturale di boschi misti di acero e frassino," 2016.
- [12] M. Pecchi *et al.*, "Reviewing climatic traits for the main forest tree species in Italy," *IForest*, vol. 12, no. 2, pp. 173–180, 2019.
- [13] P. Camerano, F. Gottero, P. G. Terzuolo, and P. Varese, *Tipi forestali del Piemonte: metologia e guida per l'identificazione*, Blu Edizioni. Torino, Italy: Regione Piemonte, 2008.
- [14] D. Cane, S. Barbarino, L. A. Renier, and C. Ronchi, "Regional climate models downscaling in the Alpine area with multimodel superensemble," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 17, pp. 2017–2028, 2013.
- [15] IPCC, "AR5 Synthesis Report: Climate Change," 2014.

- [16] Egan, Paul A. and M. F. Price, *Mountain ecosystem services and climate change*. Paris, France: UNESCO, 2017.
- [17] T. A. Ontl *et al.*, “Forest management for carbon sequestration and climate adaptation,” *Journal of Forestry*, vol. 118, no. 1, pp. 86–101, 2020.
- [18] P. D. Shannon *et al.*, “Adaptation strategies and approaches for forested watersheds,” *Climate Services*, vol. 13. pp. 51–64, 2019.
- [19] R. Jandl, P. Spathelf, A. Bolte, and C. E. Prescott, “Forest adaptation to climate change—is non-management an option?,” *Annals of Forest Science*, vol. 76, no. 2, pp. 1–13, 2019.
- [20] G. Berndes *et al.*, “Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation,” 2016.

Progetti di cooperazione a sostegno delle filiere forestali e della bioeconomia

Paola Bergero, paola.bergero@regione.piemonte.it, Regione Piemonte, Torino; Diana Sartori, Edilcasa, Biella; Roberta Giuliano, Iris S.r.l., Torino

Riassunto

“Fare insieme cose che da soli non si possono fare” è sicuramente lo slogan della Misura della Cooperazione (M 16) del Piano di Sviluppo rurale 2014-2020.

La rete d'impresa “Si parte dal bosco” - cooperazione nata tra la Cooperativa Valli Unite del Canavese, la Segheria Valle Sacra e la Cooperativa Edilcasa - ha sviluppato un sistema costruttivo a telaio di legno di castagno, valorizzando una risorsa importante per l'economia locale e regionale: il bosco e la sua biodiversità.

La cooperazione fra la Segheria Valle Sacra, la Cooperativa Valli Unite del Canavese, Iris e Ambornetti prevede la realizzazione di una struttura a pannelli prefabbricati in legno locale: si tratta di un prodotto competitivo sul mercato e allo stesso tempo ambientalmente sostenibile. Il progetto Ca.S.A. promuove la filiera forestale piemontese attraverso la valorizzazione del suo legno di castagno.

Summary

“Doing things together that cannot be done alone” is certainly the slogan of the Cooperation Measure (M 16) of the 2014-2020 Rural Development Program.

The business network “Si parte dal bosco” - cooperation between the Cooperativa Valli Unite del Canavese, the Segheria Valle Sacra and the Cooperativa Edilcasa - has developed a construction system with a chestnut wood frame, enhancing an important resource for the local and regional economy: the forest and its biodiversity.

The cooperation between the Segheria Valle Sacra, the Cooperativa Valli Unite del Canavese, Iris and Ambornetti involves the construction of a prefabricated panel structure in local wood: it is a competitive product on the market and at the same time environmentally sustainable. The Ca.S.A. project it also promotes the regional forestry chain through the enhancement of chestnut wood.

1. Introduzione

La Regione Piemonte, con la sua partecipazione a Ecomondo 2020, intende trasferire le conoscenze acquisite circa le potenzialità della Misura 16 del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020, coivolgendo un pubblico più ampio e diversificato e guardando oltre i confini regionali.

Le misure attuate con il Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020, sono strumento delle politiche forestali regionali e rappresentano, in un certo senso, la metodologia di un ente di governo del territorio per ottenere i risultati pianificati con la propria programmazione.

Le politiche forestali della Regione Piemonte, definite nel 2017 con il Piano Forestale Regionale 2017-2020, del tutto in linea con la più recente Strategia Forestale Nazionale, si incardinano nella Strategia Regionale sui Cambiamenti climatici e sui paralleli lavori relativi ai documenti di indirizzo per una Regione Sostenibile.

Tra i progetti finanziati con la Misura della Cooperazione e in pieno corso di attuazione relativi al tema dell'Architettura e natura rientrano sicuramente il progetto C.a.S.a e Si parte dal Bosco: si ritiene fondamentale disseminarne i contenuti, come richiesto anche dai Regolamenti Europei del FEASR. Questo presupposto spiega principalmente la partecipazione della Regione Piemonte a Ecomondo 2020.

2. Relazione

2.1 Le foreste e il loro contributo alla lotta al cambiamento climatico

La Regione Piemonte ha avviato i lavori per il contrasto al cambiamento climatico con un atto di indirizzo agli uffici per la predisposizione e attuazione della Strategia regionale sui Cambiamenti climatici (SRCC) quale attuazione della Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile, e ha formalizzato per la sua redazione, la costituzione di un gruppo tecnico interdirezionale, che lavora con il supporto di Arpa Piemonte.

La SRCC costituisce anche la prima attuazione della Strategia Regionale di Sviluppo Sostenibile (SRSvS) a cui la Regione sta lavorando dal 2019 [1].

Nel Gruppo di Lavoro, composto da funzionari provenienti da diverse Direzioni regionali è rappresentato anche il mondo forestale e delle aree rurali, considerato il ruolo svolto dalle foreste per la lotta al cambiamento climatico.

Molto spesso occorre ricordare che le foreste rivestono la fondamentale funzione di sequestro di anidride carbonica: l'assorbimento e stoccaggio della CO₂ sono definiti come servizi ecosistemici di "regolazione" [2].

La costituzione del gruppo di lavoro interdirezionale può certamente essere una trasposizione del significato della Misura della Cooperazione (M16), così come molte politiche di settore regionali, direttamente o trasversalmente, concorrono alla lotta al cambiamento climatico e sono rivolte a una Regione sempre più sostenibile.

2.2 Misura 16 e politiche regionali

La Misura 16 [3] del Piano di Sviluppo rurale 2014-2020 [4] della Regione Piemonte, si inserisce fra gli strumenti previsti dal Piano Forestale Regionale [5] per proteggere le risorse dei propri boschi attraverso un sistema di gestione attivo e sostenibile, coniugando lo sviluppo economico con la tutela dell'ambiente e valorizzando allo stesso tempo l'identità del territorio.

Le azioni più innovative della programmazione forestale regionale, del tutto coerenti con la più recente Strategia Forestale Nazionale, riguardano proprio gli interventi che incidono sullo sviluppo delle capacità organizzative del sistema forestale piemontese.

In particolare poi la realizzazione dei progetti di innovazione e dei progetti pilota nel settore forestale, fra cui si inseriscono il "progetto C.a.S.a" e "Si parte dal Bosco", sostengono e rafforzano le filiere forestali (foresta-legno e foresta – energia), promuovono il trasferimento di conoscenze nel settore forestale e nelle zone rurali, migliorano la redditività e la competitività degli operatori forestali, favoriscono l'organizzazione all'interno del comparto forestale e agricolo e contribuiscono al contrasto al cambiamento climatico.

Il sostegno consiste essenzialmente nella redazione e attuazione di progetti collaborativi tra due o più soggetti che rappresentano i Gruppi di Cooperazione (Operazione 16.2.1 - Progetti pilota nel settore forestale) e i Gruppi Operativi del Partenariato Europeo per l'Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura (Operazione 16.1.1 - Costituzione, gestione e operatività dei gruppi operativi dei PEI).

L'iniziativa è dei componenti stessi e il risultato è l'unione degli attori del mondo rurale e in particolare dei boschi piemontesi (operatori del mondo forestale, ricercatori, consulenti,

imprese, gruppi ambientalisti) per promuovere una specifica opportunità e/o risolvere una particolare problematica mediante soluzioni innovative.

2.3 *Si Parte Dal Bosco*

Si Parte Dal Bosco è uno dei progetti innovativi per la filiera forestale realizzati grazie all'Operazione 16.1.1 del Programma di Sviluppo rurale 2014-2020.

Sostenibilità, qualità e innovazione sono gli elementi sui quali si fondano gli obiettivi strategici della rete d'impresa "Si parte dal bosco", cooperazione nata tra la Cooperativa Valli Unite del Canavese, la Segheria Valle Sacra e la Cooperativa Edilcasa, per valorizzare una risorsa importante per l'economia locale e regionale: il bosco e la sua biodiversità.

La rete di imprese si è posta l'obiettivo di salvaguardare il capitale naturale piemontese attraverso una gestione sostenibile che assicuri allo stesso tempo il presidio e la cura del territorio e il rilancio economico e sociale locale.

Le tre aziende offrono prodotti e servizi innovativi fondati su:

- la multidisciplinarietà delle competenze progettuali in ambito forestale, ambientale, architettonico, energetico, edile-artigianale;
- il recupero di tecniche costruttive tradizionali affiancate alle più innovative tecnologie costruttive;

l'utilizzo di legno locale e di materiali naturali di filiera corta per gli interventi di recupero e riqualificazione energetica;

- l'attenzione all'impatto ambientale e sociale, alla salute della terra e delle persone, al comfort abitativo e relazionale;

- la missione di riqualificare il patrimonio di beni immobili esistente, sostenuta dalle capacità di trasformare gli "scarti e i rifiuti" in nuovo valore d'uso;

- la rigenerazione di luoghi e territori che la maggior parte degli attori sul mercato reputano improduttivi o non sufficientemente remunerativi.

La Rete d'impresa ha sviluppato un sistema costruttivo a telaio di legno di castagno da impiegare principalmente negli interventi di riqualificazione, ampliamento, sopra-elevazione degli edifici già esistenti, sia in ambito urbano che in ambito rurale, offrendo un servizio integrale che va dalla progettazione fino alla fornitura e realizzazione dell'opera. Si parte dalla pianta e si termina all'interno della casa, lavorando sulla cura e sulla sostenibilità economica, sociale e ambientale di ogni intervento di recupero.

I risultati raggiunti dal progetto Si parte dal Bosco sono stati presentati recentemente nel webinar "Il valore della filiera del legno nel settore delle costruzioni". È possibile e utile rivedere gli interventi dei professionisti e degli esperti coinvolti nel progetto e scaricare gli approfondimenti, al seguente link relativo al sito web del progetto:

<https://sipartedalbosco.it/materiali-webinar-si-parte-dal-bosco/>.

Fra i principali strumenti informativi rientrano poi il canale You Tube https://www.youtube.com/channel/UCriiKRcq5oazvSyn9_i8kw?view_as=subscr... e la Pagina Facebook: https://www.facebook.com/sipartedalbosco/?modal=admin_todo_tour. dedicata al progetto e alla Rete d'impresa.

2.4 *Progetto Ca.S.A.*

Il progetto pilota Ca.S.A. "Castagno Strutturale Autoportante" con la realizzazione di una struttura edilizia di tipo prefabbricato, capace di essere competitiva e appetibile sul mercato, promuove la filiera forestale piemontese valorizzando il suo legno di castagno.

Il Gruppo Operativo che sta attuando il progetto è costituito dalla Segheria Valle Sacra (responsabile della certificazione e prima lavorazione del legno, del montaggio e della posa in opera della struttura), dalla Cooperativa Valli Unite del Canavese (proprietaria del lotto fore-

stale e responsabile del taglio del bosco), dall'impresa Iris (responsabile dello sviluppo e della progettazione delle soluzioni di innovazione) e dall'impresa Ambornetti (proprietaria di uno dei siti individuati per l'installazione temporanea del modulo costruttivo).

La soluzione costruttiva ideata, che potrà essere utilizzata sia per la realizzazione dei solai, che delle pareti e infine per la copertura, prevede la realizzazione di una struttura a pannelli prefabbricati, costituita da un telaio in legno di castagno di sezione molto ridotta, pari a 3 cm x 16 cm.

Questa soluzione in montanti di castagno molto sottili (larghi 3 cm versus i tradizionali 8 cm delle strutture in platform frame) permette di utilizzare porzioni di legno che diversamente sarebbero scartati per la produzione di legno da opera di grosse dimensioni e supera così le problematiche date dal rischio di deformazione del castagno in fase di essiccazione.

La struttura a telaio viene poi irrigidita orizzontalmente da fogli di OSB/3 IPAN formaldeide free in legno di pioppo piemontese: al fine di ridurre il più possibile gli scarti questi hanno dimensioni riconducibili a quelle tipiche di elementi costruttivi come OSB o cartongesso (pari a 125 cm x 250 cm).

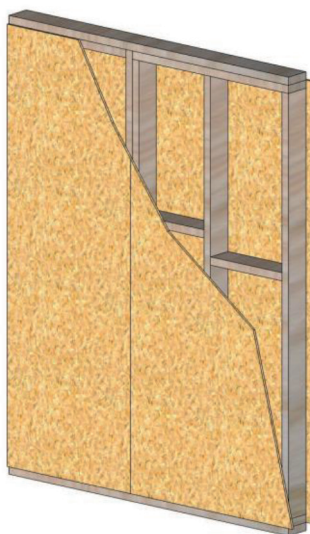


Fig. 1 – Soluzione costruttiva a pannelli prefabbricati

Il contesto è reale ed è rappresentato dalla progettazione e costruzione di una unità abitativa minima autosufficiente, facilmente movimentabile, avente dimensioni standardizzate per il trasporto e autonomia nel reperimento dell'energia idrica ed elettrica.

In un'ottica di sostenibilità ambientale ed energetica si è pensato a un mini-impianto di approvvigionamento e trattamento delle acque grigie e meteoriche da copertura e a un modulo per l'approvvigionamento elettrico da fonti rinnovabili con impianto fotovoltaico.



Fig. 2 – Vista tridimensionale dell'unità abitativa minima in progetto

Il prototipo sarà installato in molteplici contesti per promuovere e diffondere i risultati di progetto: a servizio di luoghi isolati, per il soccorso in situazioni emergenziali, come spazio espositivo per eventi, a servizio di strutture ricettive.

Il principale canale informativo del progetto è rappresentato dal sito internet www.casaprogetto.eu.

3. Conclusioni

I progetti di alto contenuto innovativo “Si parte dal Bosco” e “Progetto C.a.S.a” valorizzano e rafforzano una filiera forestale piemontese improntata sul principio della sostenibilità e per i loro contenuti esprimono bene il concetto di Bioeconomia.

Il successo delle idee innovative e più in generale l’attuazione della Misura della Cooperazione, insieme alle altre politiche forestali, restituiscono indiscutibilmente un Piemonte più sostenibile e rivolto al contrasto al Cambiamento Climatico.

La Regione Piemonte, a partire dal suo gruppo di Lavoro Interdirezionale e con le sue molteplici politiche settoriali, compresa quella forestale, è impegnata attivamente nelle azioni per il Clima. Sul successo a breve e lungo termine delle più recenti Strategie Regionali e Nazionali di forte carattere ambientale, partendo da quella Forestale per arrivare allo Sviluppo Sostenibile, peserà notevolmente la capacità di dialogo settoriali e la volontà di collaborare dei vari Enti di Governo.

Bibliografia

[1] <http://relazione.ambiente.piemonte.it/2020/it/clima/risposte/azioni-locali>

[2] <http://relazione.ambiente.piemonte.it/2020/it/territorio/fattori/foreste>

[3] <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/foreste/psr-2014-2020/programma-sviluppo-rurale-2014-2020-per-foreste>

[4] <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/agricoltura/programma-sviluppo-rurale-2014-2020>

[5] <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/foreste/gestione-bosco-taglio/piano-forestale-regionale-2017-2027>

Valorisation of agro-forestry wastes into sustainable bio-based products for the construction sector

Andrea Leoncini andrea.leoncini@rina.org, Laura Merello, Giorgio Urbano
Rina Consulting SpA, Genova (Italy)

Riassunto

La spinta verso un utilizzo responsabile delle risorse naturali e l'introduzione di materiali e processi sostenibili sta investendo diversi settori e filiere: nel settore edilizio, in particolare, sta crescendo ormai da diversi anni la ricerca di soluzioni che integrino sempre più efficacemente l'edificio e i suoi diversi componenti con la natura e le risorse da essa derivanti. In questo contesto, il progetto europeo REHAP può fornire un contributo importante verso la sostituzione dei materiali convenzionali: l'utilizzo ad esempio di residui agro-forestali o di flussi residuali dell'industria della carta e del cartone, possono rappresentare un vero 'valore aggiunto' per tali filiere, non solo da un punto di vista ambientale, ma anche economico e sociale. L'ampia disponibilità e la conseguente maggiore stabilità dei prezzi di queste materie prime potrebbe infatti garantire la competitività dei biomateriali sviluppati nei confronti delle alternative fossili.

Summary

Being the second largest sector in terms of turnover within EU bioeconomy, only preceded by the pulp and paper sector, the construction and furniture sector represents a thriving environment for the commercial deployment of innovative and sustainable solutions. The search for such alternative bio-based materials is also boosted by sustainability issues currently linked to the sector, such as resources consumption or GHG emissions. In this context, the EU-funded REHAP project with its innovative processes and products can represent a significant 'added-value' compared to oil-based alternatives, not only from an environmental, but also from an economic and social perspective: the use of residual streams coming from e.g. forest operations and the wide availability of such feedstock at EU and Italian level are indeed able to guarantee the competitiveness of the developed bio-based materials towards the fossil-based counterparts, also concerning the price stability.

1. Introduction

Bio-based products can be derived from a plethora of renewable feedstocks such as agricultural residues, wood and forestry residues, side and waste streams from bioprocesses and biorefineries, algae, biowaste. Bio-based solutions represent an alternative to the conventional mineral or fossil-based products in a wide range of application sectors.

In order to boost their competitiveness towards existing counterparts, bio-based products need to prove their enhanced qualities in terms of e.g. functionalities, sustainability, healthy, safety, especially in the case of bio-based products entailing higher prices compared with the respective benchmarks.

However, 'non-fossil-based feedstock' is not a synonym of 'sustainable': indeed, sustainability concepts linked to environmental, economic and also social aspects have to be analysed along

the whole value chains, from feedstock supply to biomass processing to the end-of-life phase of the final products. In the latter context, concepts like ‘eco-design’ are becoming increasingly relevant for a sustainable product ‘from cradle to grave’. For example, non-sustainable agricultural or forestry practices, as well as resources (electric or thermal energy, chemicals, utilities) consumption in the processing phases can affect the overall benefits potentially generated by the bio-based value chains. Thus, there is the need to effectively assess the sustainability and feasibility of the new bio-based value chains, by focusing the analysis on environmental, economic and social aspects.

Dealing with innovative bio-based value chains, the EU-funded REHAP project aims at demonstrating the valorisation of agro-forestry residues (e.g. poplar, wheat straw, spruce bark), as well as paper-based products waste (e.g. cardboard waste), into bio-based products through sustainable, innovative and cost-effective processes [1].

The project addresses all steps of the value chain: feedstock supply and biomass pretreatment to obtain sugars, lignin and tannins; their conversion into intermediates and the subsequent production of added-value products for the construction sector.

2. Report

2.1 Bio-based materials in the construction sector

In the context of the bio-based industry, ‘construction and furniture’ is the second biggest bio-based sector in Europe in terms of turnover after ‘pulp and paper’ (Fig. 1) [2].

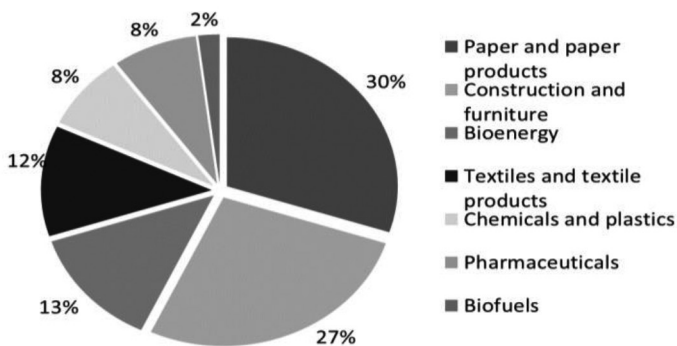


Fig. 1 – Turnover in the EU bio-based economy

The most important bio-based material exploited in such sector remains wood. In fact, campaigns funded both by public agencies and industry are currently pushing new wood processing technologies and new bio-based solutions, along with consumer awareness, in order to maintain high shares in the furniture industry.

At present, a wide range of wood- and bio-based materials and products are used within the construction and furniture sector, such as:

- wood in window frames and doors, house wall and roof construction, multi-storey buildings, apartment buildings;
- particle boards, oriented strand boards (OSB), medium-density fibreboards (MDF) in interior walls and furniture;
- insulation materials, whose market is covered for about 5% by bio-based products, such as wood and cellulose fibres, natural fibres, animal fibres, straw, grass, cork, sea grass and many others natural materials, including biopolymer foams (e.g. PLA);

- parquet, laminate, wood-plastic composites (WPC), biocomposites in flooring, decking and facades;
- natural oil and waxes, as well as bioplastics in paints, glues, coatings.

Considering that the building industry currently entails a significant environmental footprint, there is a huge potential for bio-based building materials in such sector: it was indeed estimated that in Europe 42% of energy consumption, 35% of GHG emissions, over 50% of extracted materials and 30% of water requirements are related to construction and building sector [3].

Sustainable buildings have often a high share of bio-based materials, especially in the interior, because they are seen from a public perspective as materials able to provide benefits for the environment as well as for health. In particular, they are increasingly used for the following reasons:

- higher sustainability (in terms of e.g. carbon footprint, carbon storage) compared to mineral, metal or petrochemical materials;
- better capacity to regulate the moisture content in a room, thus guaranteeing a pleasant living climate in the houses;
- generation of less harmful emissions compared to synthetic, petrochemical materials [4].

Furthermore, it is worth considering that the expected increasing share of bio-based products, among others bio-based plastics, within the chemicals market represents a favourable context for a future marketability of new bio-based materials: this is in particular suitable for Europe, whose share of production capacities of bio-based polymers is expected to reach 25% in 2022 (starting from 18% in 2017) [5].

Several studies have also proven that price may not be a hurdle for bio-based products' marketability, in case a higher price is offset by an increased sustainability along with features and performances at least comparable with existing fossil-based counterparts [6].

2.2 *The REHAP project*

REHAP is a European Commission funded project (under Grant Agreement no. 723670, in the framework of H2020 programme) which aims to strengthen the European industry in the bioeconomy framework by demonstrating the efficient valorisation of agricultural and forestry residues towards the production of bio-based products (such as building blocks, additives, polymers) through innovative and cost-effective processes. Moreover, the project will integrate the developed bio-based materials into a sustainable construction solution, thus paving the way for their market uptake in the green building sector.

The achievement of the project's objectives can constitute an important milestone towards the transition from a fossil-based to a bio-based economy, where bio-based materials and products are manufactured through sustainable and efficient processes with lower environmental impacts.

In this view and in order to ensure the sustainability of the targeted bio-based processes and materials obtained from agro-forestry residues, the REHAP project addresses all steps of the value chain, starting from biomass pretreatment towards intermediates production and subsequent conversion into high added-value products, and finally to the application of such products into the integrated building solution.

Such innovative value chains (Fig. 1) targets to produce four bio-based products (i.e. non-isocyanate polyurethane resins, biophenolic resins, biosuperplasticizers, bioesterpolyols) which will find application into the green construction sector and specifically in the production of biopolyurethanes insulation foams, wooden boards, concrete and bio-based thermoplastic polyurethane adhesives.

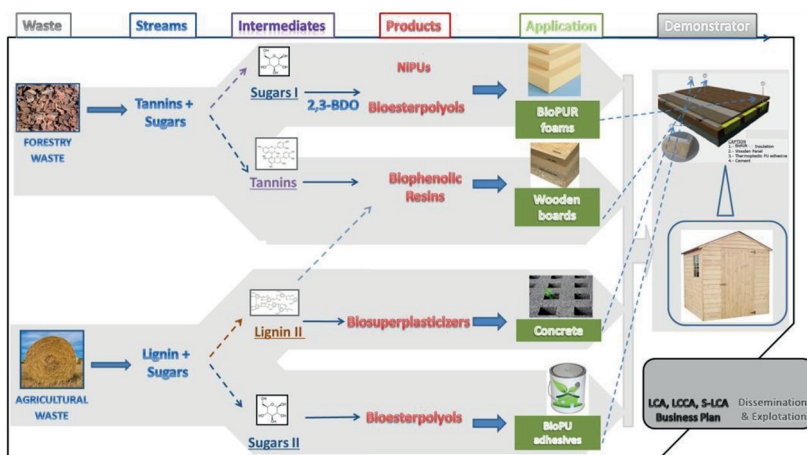


Fig. 2 – REHAP value chains

2.2.1 REHAP case studies

Different case studies are identified within the REHAP project, aiming to develop technological solutions in order to efficiently demonstrate the valorisation of agro-forestry residues (e.g. poplar, wheat straw, spruce bark), as well as paper-based products waste (e.g. cardboard waste) into bio-based products for the construction sector.

The cascading valorisation of bark mainly consists in a preliminary shredding step, after which the ground spruce bark is treated through hot water extraction in order to separate a tannins-rich liquid fraction (to be clarified and concentrated to obtain a valuable tannin extract) and a bark residue containing lignin and sugars. The bark residue undergoes a soda cooking step, where it is fed together with NaOH solution and water, and the mixture is heated up to 160 °C by direct steam injection. Then cellulose fibres are separated from the lignin-rich black liquor, washed and enzymatically hydrolysed to obtain the targeted sugars fraction.

Other innovative processes developed within the project consist in the extraction of 2nd generation sugars from cardboard waste and of high-purity lignin from a lignin-rich-solid residue derived from pretreatment steps in a bioethanol plant.

Sugars streams extracted from the lignocellulosic feedstock are integrated with cardboard-derived sugars and with 1st generation sugars: the resulting carbohydrates fraction is then converted through fermentation processes into the diols 1,4-BDO and 2,3-BDO, to be used as bio-based intermediates for the production of bioesterpolyols or non-isocyanate polyurethanes for bioPU formulation.

Regarding the phenolic fractions, i.e. tannins and lignin, they used for the production of biophenolic resins, as substitute of phenol in the formulation of phenol-formaldehyde resins, and in the formulation of biosuperplasticizers or bioplasticizers for concrete.

In addition to these products, the potential valorisation of sugar- or tannins-rich side streams for the production of bio-fire retardants is investigated.

In order to properly test the application and properties provided by the developed products in a real environment in the context of the building sector, all REHAP biomaterials will be integrated into a multilayer building panel, to be then applied in a demo scale building.

2.3 Sustainability potential of REHAP products

Along with the technological targets mainly focusing on the development of efficient and reliable processes and materials, sustainability concepts in terms of environmental, economic and

social impacts are also among the objectives of the project. The main targets of REHAP are indeed to reduce the depletion of fossil resources, the energy requirements and CO₂ emissions of the targeted processes, improve the industrial competitiveness of the bio-based products as well as create new employment opportunities in the bio-based sector.

In this framework, a sustainability assessment through Life Cycle approach is being carried out within the REHAP project: the outcome of such activities can significantly aid to 'steer' the developed processes towards more efficient and sustainable solutions, while also fostering the future commercialisation of the developed products (both the final ones and the intermediate compounds like 1,4-BDO and 2,3-BDO), by highlighting the potential benefits in terms of sustainability of the bio-based products and the related value chains (including the supply chains), compared to the identified benchmark solutions.

Although up to now a preliminary analysis of the developed processes at pilot scale has been carried out, a full comparative analysis from the environmental and economic point of view between the REHAP and the selected fossil-based benchmark products is expected for the end of the project.

Based on the preliminary findings, optimisation and scale-up activities have been performed on each value chain, focusing on the hotspots identified in the preliminary assessment (where 'hotspots' mean the process steps/parts of the value chains entailing the highest impacts, from an environmental and/or an economic perspectives).

Although some process steps (e.g. sugars, lignin and tannins extraction from bark) seem to entail quite relevant impacts, it should be considered that such processes have been assessed at pilot scale so far. Thus, they still need further optimization and developing activities. However, these process steps entail a high potential in terms of impacts reduction, mainly linked to: opportunity to recycle residual and wastestreams, able to be used to recover energy (thus reducing the amount of resources required) or to valorise them into valuable products such as bio-fire retardants;

optimisation of the operative conditions, aiming to reduce the amount of energy and utilities consumptions, as well as reduce the use of enzymes (indeed, the latter seem to entail a relevant share of the overall impacts of the processes).

Together with the impacts associated with the processes, a particular attention is also to be put on the analysis, both from an economic and from an environmental perspective, of the aspects linked to the supply chain of the targeted bio-based feedstocks: an overall study on potential benefits or constraints concerning feedstock availability and supply throughout Europe is being implemented, considering that logistics aspects often represent a relevant factor affecting the overall sustainability of the value chains [7].

2.4 SWOT analysis of REHAP products

In this section a SWOT analysis (**Tab. 1**) is performed considering the bio-based products developed within the REHAP project, as well as their final targeted applications, especially in the building and construction sector.

- Specifically, through the SWOT analysis tool, four dimensions are highlighted:
- Strengths, i.e. competitive advantages of the innovative bio-based products compared to existing products in the market;
- Weaknesses, i.e. disadvantages of the innovative bio-based products compared to existing products in the market;
- Opportunities, i.e. favourable conditions in the market for exploitation of the innovative bio-based products;
- Threats, i.e. obstacles and hurdles present in the market hampering exploitation of the innovative bio-based products.

| S | Strengths | W | Weaknesses |
|---|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Less variation in the feedstock price compared to fossil-based products - Potential substitution in the products' formulation of compounds entailing environmental and/or healthy issues with alternative sustainable bio-based solutions - Possibility to valorise lignin-rich by-products (e.g. black liquor from pulp and paper industry) in higher-value products - High sustainability potential, in particular if biowaste streams (e.g. from agriculture, forest or paper production) are used - Enhanced properties of some bio-based products compared with the benchmarks | | <ul style="list-style-type: none"> - The lack of homogeneity of raw materials may influence the final properties of the products - Performances of some bio-based products may be lower compared to the benchmarks - Biomonomers can be more expensive in comparison with fossil-based counterparts |
| O | Opportunities | T | Threats |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Commercial advantages (through e.g. bio-labelling) from the marketing point of view, especially in case of high replacement of fossil-based content in the final formulation of the products - New markets where demand for bioproducts is increasing - In some cases, low investments are needed to adapt the existing process configurations or equipment to the needs of the new products - New markets and jobs for the primary sector (e.g. in case agricultural or forestry by-products are used as starting material) - Market opportunities for new bio-based solutions linked to the banning of some traditional products (e.g. in the context of flame retardants) - New regulations boosting new products with reduced effects on human health and environment | | <ul style="list-style-type: none"> - Potential difficult availability of raw materials (e.g. tannins) - Competition with other sectors (cosmetics, food, etc) for the use of raw materials - Highly competitive commercial materials in terms of quality/price ratio - Regulations are changing continuously and new requirements can appear |

Tab. 1 – SWOT analysis for REHAP bio-based products

3. Conclusions

Processes and products developed and optimised within the project may help European bio-based industry to effectively involve the primary sector within the developed value chains, as well as penetrate the market with high-value bio-based materials, especially for the construction sector. Indeed, the identification and the development of feasible and sustainable alternatives for valorising (other than the energetic use) agro-forestry residues, as well as side streams from pulp and paper industry, can pave the way to the creation of new value chains and bio-based concepts, where the primary sector is involved and considered not just as a “biomass

supplier”, but as a key partner to foster efficient and sustainable bio-based business cases. Although a full comparison with fossil-based counterparts is still to be carried out in the context of the REHAP project, the developed processes can represent a significant ‘added-value’ compared to oil-based alternatives. Indeed, REHAP value chains are based on biomass feedstock: this means that large part of the biogenic carbon (i.e. the atmospheric carbon captured via biomass in the carbon cycle) is retained in the final products. Moreover, the use of residual streams coming from agricultural and forest operations and the wide availability of such feedstock at EU level, will also guarantee the competitiveness of such materials towards the fossil-based counterparts in terms of price stability, since they will be not subjected to fluctuations as the volatile price of the fossil-based resource does. REHAP can thus contribute to the further growth of bio-based industry in Europe, paving the way to the introduction of sustainable bio-based products and materials with competitive prices within a strategic area like the construction sector.

Bibliografia

- [1] «Rehap» [Online]. Available: <https://www.rehap.eu/>.
- [2] **L. Dammer, M. Carus, K. Iffland, S. Piotrowski, L. Sarmento, R. Chinthapalli and A. Raschka**, «Current situation and trends of the bio-based industries in Europe» BBI JU, 2017.
- [3] **European Commission**, «Roadmap to a Resource Efficient Europe», Brussels, 2011.
- [4] **M. Zacchei, A. Leoncini, M. Comotto and N. Olivieri**, «Market analysis for the targeted bio-based materials and products» Rehap, 2018.
- [5] **European Bioplastics, nova-Institute**, «Bioplastics market data 2017» 2017.
- [6] **McKinsey&Company**, McKinsey on Chemicals, n. 4, 2012.
- [7] **A. Thorenz, L. Wietschel, D. Stindt and A. Tuma**, «Assessment of agroforestry residue potentials for the bioeconomy in the European Union» Journal of cleaner production, n. 176, pp. 348-359, 2018.

Programma Europeo Horizon 2020 - Il Progetto UNaLab

*Sonia Zarino szarino@comune.genova.it
Comune di Genova*

Riassunto

Il progetto si propone di realizzare un parco urbano utilizzando Nature Based Solutions (Soluzioni basate sulla natura) per testare la validità di questo approccio progettuale innovativo che ricerca un nuovo equilibrio e una nuova armonia tra l'ambiente urbano, l'azione dell'uomo e i fenomeni atmosferici che, anche in modo estremo, stanno cambiando il volto delle nostre città, rendendole meno sicure soprattutto in contesti fortemente trasformati dalla mano non sempre felice dell'uomo. Il metodo utilizzato si avvale tanto delle analisi tecnico-urbanistiche quanto della partecipazione attiva di numerosi stakeholders, le cui istanze sono state alla base dell'elaborazione del programma funzionale del parco, realizzato quindi attraverso l'utilizzo di ben 12 NBS diverse. La successiva verifica della loro efficacia, tramite un opportuno ciclo di monitoraggi, potrà suggerire i passi da compiere per i successivi sviluppi in altri progetti dove le NBS verranno utilizzate.

Summary

The project aims to create an urban park using Nature Based Solutions to test the validity of this innovative design approach that seeks a new balance and a new harmony between the urban environment, human action and atmospheric phenomena that, even in an extreme way, are changing the face of our cities, making them less safe, especially in contexts strongly transformed by the not always happy hand of man. The method used makes use of both technical-urban planning analyzes and the active participation of numerous stakeholders, whose requests were the basis for the development of the functional program of the park, thus created through the use of 12 different NBSs. The subsequent verification of their effectiveness, through an appropriate cycle of monitoring, may suggest the steps to be taken for subsequent developments in other projects where NBSs will be used.

1. Introduzione

Il progetto UNaLab, finanziato dall'UE nel quadro del Programma Horizon 2020, mira a sviluppare comunità più intelligenti, più inclusive, più resilienti e sempre più sostenibili attraverso l'utilizzo di soluzioni innovative basate sulla natura (NBS). Il consorzio di UNaLab è composto da 28 partner provenienti da 10 città in tutta Europa e nel resto del mondo, inclusi comuni, enti di ricerca, imprese e industrie. Le città partner di UNaLab si impegnano ad affrontare le sfide urbane legate al cambiamento climatico e alla gestione dell'acqua con un approccio innovativo e guidato dai cittadini.

Tre città *front runner* - Eindhoven, Tampere e Genova - stanno lavorando su siti dimostrativi per sperimentare e valutare una gamma di diverse "soluzioni basate sulla natura" attraverso le quali dare risposte sostenibili alle problematiche indotte dalla eccessiva artificializzazione dei nostri ambienti di vita.

Le città *front runner* collaborano attivamente e condividono le loro esperienze con cinque città europee *follower* - Stavanger, Praga, Castellón, Cannes e Başakşehir - e le supportano nello sviluppo di soluzioni NBS pensate per le loro realtà individuali. Due città *follower* non europee - Hong Kong e Buenos Aires - e due entità “osservatrici” – la città di Guangzhou e la Rete brasiliana delle città intelligenti – stanno studiando attivamente l’approccio NBS europeo quale possibile soluzione alle loro problematiche locali.

I risultati del progetto, unitamente a quelli di altri progetti Horizon 2020, consentiranno lo sviluppo di un quadro di riferimento europeo sulle NBS circa i vantaggi, l’efficacia in termini di costi, la fattibilità economica e la replicabilità delle soluzioni basate sulla natura.

Relazione

Il parco urbano che si sta realizzando a Genova quale sito pilota per il progetto UNALab (figura 1) sorge su di un’area che ospitava fino alla Seconda Guerra Mondiale una fabbrica militare di munizioni nonché una caserma, e si trova attualmente nel pieno centro della città, nel quartiere Lagaccio. Il parco occupa una porzione di circa 10.000 mq di tale compendio ed è quasi interamente realizzato con soluzioni basate sulla natura (NBS). Tutte le sue funzioni, studiate insieme agli abitanti del quartiere e ai rappresentanti delle categorie economiche e professionali, sono pensate per essere compatibili con l’ambiente e sono destinate a creare uno spazio pubblico accogliente e sostenibile utilizzando soluzioni green.



Fig. 1 – Il progetto di insieme del nuovo parco urbano – LAND Italia Srl

Il progetto, sviluppato tenendo conto di un lungo processo di partecipazione e di un’approfondita analisi tecnico-urbanistica, utilizza 12 diverse tipologie di NBS, che compongono un ricco catalogo di soluzioni innovative delle quali sarà verificata l’efficacia anche in vista della loro replicabilità in altre zone della città che presentano analoghe problematiche e caratteristiche. La localizzazione del parco proposta dall’Amministrazione Comunale è particolarmente strategica in relazioni alle sfide socio-ambientali del quartiere: tra i distretti più densamente

popolati di Genova e con il più alto tasso di immigrazione, il quartiere Lagaccio presenta oggi una grave penuria di spazi pubblici verdi accessibili nonché un elevato rischio idro-geologico. Il futuro parco avrà quindi anche il compito di mitigare gli effetti di precipitazioni particolarmente abbondanti o improvvise a valle della ex Caserma.

Il parco è pensato per essere un luogo di riposo e svago per tutte le età, e comprende ambienti di varia natura (figura 2), che da sud a nord diventano sempre più “naturali”. Il primo ambiente è la piazza / teatro pavimentata con materiali permeabili all’acqua, seguito da una terrazza-giardino dove è presente un parco giochi per bambini. Salendo troviamo un rain garden, un’area gioco per ragazzi e adulti, e quindi un susseguirsi di spazi verdi alberati e aree di sosta, che si concludono con un bosco urbano nella porzione di area più impervia e acclive. Tutti questi ambienti, collegati da percorsi pedonali quasi completamente accessibili anche per le persone con difficoltà motoria, sono realizzati utilizzando NBS in varie combinazioni, per massimizzare la loro efficacia. Tutte le parti strutturali (muri di sostegno, terrazzamenti) sono realizzati mediante gabbioni metallici strutturali inverditi, invece che con i tradizionali muri in cemento armato.

Obiettivo primario del progetto è la rigenerazione urbana, intesa anche come miglioramento della gestione del rischio idro-geologico e valorizzazione delle aree dismesse.

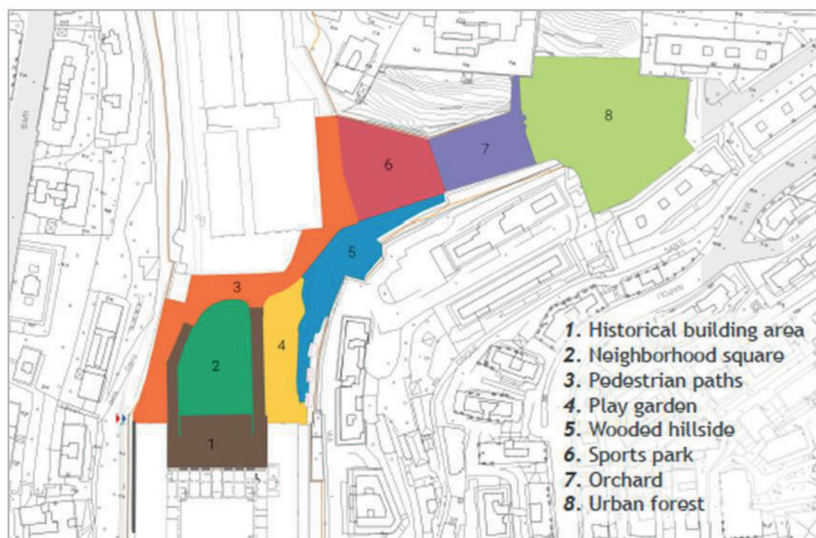


Fig. 2 – Le aree funzionali del parco - LAND Italia Srl

2.1 Le Azioni di progetto

Il progetto UNaLab prevede diverse azioni, da realizzare mediante l’utilizzo di NBS:

2.1.1 Demolizione e de-impermeabilizzazione del suolo

Dopo una prima fase di bonifica del suolo si è proceduto a demolire circa 46.000 m³ di edifici obsoleti per creare nuovi spazi verdi aperti, aumentare la capacità di drenaggio del suolo e migliorare l’infiltrazione delle acque meteoriche. Seguirà questa fase la rimodellazione del terreno, per ottenere una opportuna distribuzione di quote in funzione del disegno del parco urbano, che deve essere caratterizzato dalla massima accessibilità per tutti i frequentatori.

2.1.2 Pavimentazioni drenanti

Quasi tutte le nuove superfici pavimentate (circa 5.000 m²), ancorché carrabili per garantire la massima accessibilità, saranno in grado di drenare l'acqua piovana, in parte trattenendola, in parte ritardandone l'immissione nel sistema di smaltimento e in parte convogliandola nel sottosuolo, ove reso possibile dalla tipologia di substrato.

Sono stati progettati vialetti e spazi liberi utilizzando di volta in volta pavimentazioni in ghiaia resinata, terra battuta, pavimentazioni verdi con vegetazione.

2.1.3 Aumento delle aree verdi in città

Questa azione si concentra sulla creazione di nuove aree verdi urbane (aumento di circa 7.000 m²) e sull'aumento dell'impianto di alberi per ottenere il controllo dell'effetto isola di calore mediante l'ombreggiatura delle chiome degli alberi, la diminuzione della temperatura locale attraverso la traspirazione delle foglie, l'aumento della quota di ossigeno nell'aria attraverso il processo di fotosintesi.

2.1.4 Rimodellamento del suolo con materiali a basso impatto e drenanti

Il terreno viene rimodellato e terrazzato utilizzando strutture in gabbioni metallici strutturali riempiti con materiali di demolizione (circa 1.230 m³), che possono così essere utilizzati in loco e successivamente ricoperti da vegetazione. Alcuni gabbioni sono disposti lungo murature di cemento per ottenere superfici vegetate in spazi ristretti.

2.1.5 Gestione dell'acqua piovana e suo riutilizzo

Le superfici drenanti di nuova concezione dirigono il deflusso dell'acqua piovana nel sistema di drenaggio: una parte viene raccolta in una vasca interrata e riutilizzata per scopi irrigui, il resto viene gestito attraverso la tradizionale rete mista attualmente in fase di ristrutturazione nell'area per aumentarne la capacità. Il sottosuolo roccioso nella regione della piazza/teatro non ha consentito di predisporre estese aree di infiltrazione nel suolo. Superfici e trincee drenanti, grazie alla loro stratificazione, garantiscono un parziale trattenimento della pioggia, ritardandone e riducendone l'immissione in fognatura.

2.1.6 Infiltrazione nel terreno dell'acqua piovana

Nuovi prati drenanti consentono di assorbire il deflusso delle acque meteoriche provenienti dalle aree urbane impermeabilizzate convogliandolo nel terreno all'interno di un sistema di bacini di infiltrazione (circa 300 m²) che possono sopportare allagamenti temporanei in caso di forti piogge. A causa delle sfavorevoli condizioni del sottosuolo nella maggior parte del sito, caratterizzato da affioramenti rocciosi, tali soluzioni possono essere implementate solo nella parte alta del parco.

2.1.7 Nuovi spazi ricreativi inclusivi caratterizzati da elementi naturali

Le aree giochi, per lo sport e per la sosta forniscono spazi ricreativi sostenibili adatti a tutte le età e condizioni fisiche e soddisfano le esigenze e i desideri della comunità locale. Sono presenti in particolare spazi ricreativi con elevati standard di accessibilità (piazza per eventi con terrazze a gradini e rampe, parco giochi, area sportiva, area pic-nic, bosco urbano).

2.1.8 Aumento della biodiversità

I nuovi spazi verdi presentano specie vegetali locali adatte al clima e si relazionano con le aree verdi vicine già esistenti (es.: il Parco del Peralto, poco più a nord), creando un corridoio in grado di favorire la biodiversità urbana e il passaggio delle specie animali. Il progetto prevede la selezione di specie vegetali autoctone resistenti a periodi di siccità,

caratterizzate da periodi di fioritura e di produzione di frutta di cui si cibano piccoli mammiferi, rettili, uccelli e insetti.

2.2 La co-creazione

Il processo partecipativo con la popolazione locale è stato fondamentale per la genesi del progetto del nuovo parco urbano, in quanto fin dall'inizio è stato possibile mettere a fuoco le reali esigenze del quartiere ed individuare nella carenza di spazi pubblici verdi una delle principali linee di azione per la riqualificazione del sito ex militare. Il progetto UNaLab ha introdotto il tema delle NBS per realizzare il parco già prefigurato nell'ambito del programma di riqualificazione del compendio, andando a sensibilizzare i cittadini sulla opportunità di utilizzare metodologie innovative e sostenibili che avrebbero dato maggiore qualità ai nuovi spazi pubblici, opportunità che è stata subito colta e apprezzata da tutti gli stakeholders coinvolti.

2.3 Il monitoraggio delle NBS

Il progetto UNaLab prevede che tutte le NBS adottate debbano essere verificate e monitorate nei mesi successivi alla loro realizzazione per valutarne l'efficienza ed il corretto funzionamento, oltre che gli impatti sull'ambiente, sulla qualità della vita dei cittadini, sull'economia. L'Università di Genova, attraverso vari suoi Dipartimenti, è stata coinvolta per questo importante compito che avrà una elevata valenza scientifica e permetterà di misurare le performances delle diverse soluzioni adottate.

2.4 La replicabilità delle soluzioni

L'esperienza maturata grazie al progetto UNaLab nel campo dell'utilizzo delle NBS ha prodotto anche un altro importante risultato: le NBS sono state inserite tra i requisiti per la progettazione di un nuovo parco urbano per la città di Genova oggetto di un concorso internazionale di progettazione, "Il Parco del Ponte" situato nelle zone sottostanti il nuovo ponte autostradale "San Giorgio", in Val Polcevera.

Il progetto vincitore, nel rispetto delle linee guida stabilite dal Comune di Genova, prevede una pluralità di spazi verdi, variamente caratterizzati, su un'ampia porzione di territorio e prevede anche molte tipologie di NBS quali tetti verdi, sistemi per la ritenzione e il riutilizzo delle acque meteoriche, uso della vegetazione per la gestione delle acque meteoriche e la riduzione del deflusso, sistemi per aumentare la permeabilità del suolo e la resilienza idraulica, ecc.

UnaLab è stata un'importante fonte di ispirazione per la stesura delle linee guida fissate dall'Amministrazione alla base del concorso di progettazione e che il progetto vincitore ha tenuto ben presenti; anche questo elemento potrebbe essere considerato come un risultato rilevante del progetto UnaLab che è stato ottenuto ancor prima che il progetto pilota fosse completato.

3. Conclusioni

Le Nature Based Solutions applicate ad ambiente urbani (i parchi, le aree verdi, le facciate e i tetti verdi per gli edifici, le pavimentazioni drenanti, ecc.) costituiscono una scelta economicamente vantaggiosa e contemporaneamente in grado di fornire benefici per l'ambiente, la qualità della vita dei cittadini e l'economia. Le Amministrazioni Pubbliche, in particolare, sono chiamate ad utilizzare queste nuove soluzioni privilegiandole rispetto a quelle tradizionali basate su infrastrutture "pesanti" e decisamente più impattanti. Per questo, è importante che di tali soluzioni siano rese disponibili caratteristiche e prestazioni, come il programma Horizon 2020, di cui UNaLab fa parte, si propone di fare, creando "cataloghi" di soluzioni NBS adottabili, a seconda delle circostanze, in contesti urbani e climatici molto diversi, uniti però dalla volontà di intervenire sul territorio in modo sostenibile.

Sempre più città in Europa e nel mondo considerano le NBS una delle strategie per aumentare l'attrattività del proprio territorio e per una impostazione corretta delle proprie politiche urbane, con l'obiettivo di dare concreta realizzazione alla Green Economy, che si preannuncia come la prossima rivoluzione industriale.

Nel caso di Genova, le NBS sono state interpretate come lo strumento innovativo per realizzare funzioni richieste dalla popolazione dopo una attenta analisi delle possibilità reali offerte dal sito dismesso, realizzando così un progetto condiviso e di lungo respiro, in grado di cogliere le occasioni fornite dal progetto europeo per arricchirsi di ulteriori positivi contenuti.

Siti e Testi di riferimento

-Sito del progetto Unalab, <https://unalab.eu/>

-Commissione Europea, [*Nature based solutions*](#)

-Comune di Genova, il Parco del Ponte, [*progetto vincitore*](#)

-EKLIPSE Expert Working Group report, [*Progetto Eklipse: An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects*](#)

-Ministero dell'Ambiente, [*Piattaforma delle conoscenze*](#)

-Joachim Maes, Sander Jacobs, [*Soluzioni basate sulla natura per lo sviluppo sostenibile dell'Europa \(27 novembre 2015\)*](#)

-Nicolas Faivre, Marco Fritz, Tiago Freitas, Birgit de Boissezon, Sofie Vandewoestijne, [*Soluzioni basate sulla natura nell'UE: innovare con la natura per affrontare le sfide sociali, economiche e ambientali \(novembre 2017\)*](#)

BLUE GROWTH

GESTIONE E RIUSO DEI SEDIMENTI IN AMBITO COSTIERO DA FONTI LITORANEE, PORTI E BACINI ARTIFICIALI, PER UNA CRESCITA BLU SOSTENIBILE

La risorsa sedimenti sta assumendo sempre più una rilevanza strategica per la difesa delle coste dall'erosione e dagli effetti del cambiamento climatico. Secondo i recenti rapporti di IPCC, INGV ed ENEA, in particolare nel bacino del Mediterraneo l'innalzamento del livello marino e l'erosione delle coste metterà a rischio nei prossimi decenni vaste aree, città e infrastrutture costiere, attività produttive, industriali, agricole e turistico-culturali e naturalistiche, determinanti per la Crescita Blu dei territori marittimi.

La gestione delle risorse di sedimenti in questo contesto necessita di una visione ampia ed integrata che, in una logica di circolarità e sostenibilità, deve tendere a garantire l'ottimizzazione, l'uso e il riuso, di sedimenti dalle fonti più diverse ai fini della protezione dei territori più esposti all'ingressione marina (raccomandazioni "EuroSION", strategie del Piano di Azione della "Carta di Bologna", indicazioni e buone pratiche delle "Linee Guida nazionali sull'erosione costiera", obiettivi Agenda 2030 ONU).

La sessione fa il punto su recenti esperienze, buone pratiche e nuove soluzioni tecnologiche per la gestione dei sedimenti in ambito costiero e portuale, sull'applicazione del DM 173/2016 a un anno dall'attivazione dell'Osservatorio Esperto, presenta casi recenti di esperienze di gestione dei sedimenti nei bacini artificiali in relazione al quadro normativo attuale e alle più recenti revisioni del Dlgs 152/2006.

Il riutilizzo dei sedimenti di dragaggio in applicazione del D.M. n. 173/2016: l'esempio del Porto "Marina Sveva" di Montenero di Bisaccia (CB) - Italia

*Marco Marinelli** marinelli.mb@gmail.com Agnone (IS), Maria Pina Izzo*, Agostino Franciscbelli*, Mauro Di Muzio*, Annunziata di Niro*, Emilio Leccese*, Paolo Contini***

** Servizio Difesa del Suolo, Demanio, Opere Idrauliche e Marittime
Idrico Integrato Regione Molise*

*** Progettisti dell'intervento e consulenti della SMM SPA "Marina Sveva"*

Riassunto

Il presente documento descrive un esempio virtuoso dell'utilizzo della risorsa "sabbia" proveniente da escavo di fondali portuali con adeguate caratteristiche chimico-fisiche-ambientali per le finalità di ripascimento, nello stesso ambito litoraneo, dei tratti di spiaggia (emersa e sommersa) in erosione. In particolare riporta una sintesi dei lavori di dragaggio che devono realizzarsi per l'imbocatura e canale di accesso del Porto Turistico di Marina Sveva prevedendo di conferire a ripascimento il materiale escavato lungo le spiagge limitrofe allo stesso porto e attualmente interessate da marcati fenomeni di erosione costiera. L'intervento, localizzato in Italia lungo la fascia litoranea della Regione Molise nel Comune di Montenero di Bisaccia, è stato pianificato in ottemperanza a quanto previsto dal DM 173/2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare di materiali di escavo di fondali marini"[1].

Summary

This document describes an example of the use of the "sand" resource coming from the excavation of harbor with adequate chemical-physical-environmental characteristics for the nourishment in the same coastal area undergoing coastal erosion in the recent years. This document illustrates a summary of the dredging works design (excavation).

The works must be made to allow a safe access to channel of Tourist Port "Marina Sveva" and to nourish the neighboring beaches currently affected by strong erosion phenomena.

The intervention, foreseen along a coastal stretch of the Molise Region in the Montenero di Bisaccia village (Molise), has been then planned in compliance with the national rules DM 173/2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare di materiali di escavo di fondali marini".

1. Introduzione

Di seguito è riportata in estrema sintesi la metodologia di intervento seguita per la pianificazione delle attività di dragaggio del Porto Turistico "Marina Sveva" nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) (Regione Molise - Italia) con riutilizzo del materiale per ripascimento ai

sensi del DM 173/2016 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare di materiali di escavo di fondali marini”.

In particolare, l’analisi del tratto di costa d’interesse ed in particolare delle criticità connesse ai fenomeni erosivi, evidenzia l’esigenza di attuare interventi di ripascimento con sabbia che può utilmente provenire dai lavori di dragaggio del Porto Turistico “Marina Sveva” che devono essere pianificati ed attuati per tempo al fine di prevenire le criticità legate alla sicurezza della navigazione a causa dei pescaggi ridotti dai fenomeni di insabbiamento che interessano l’imboccatura portuale. Sulla base dell’inquadramento dell’area di escavo e della caratterizzazione e classificazione dei sedimenti da dragare sono state impostate le caratteristiche tecniche per la gestione delle operazioni di escavazione e conferimento a ripascimento del materiale dragato. L’insieme delle indagini di campo condotte ed i risultati delle relative attività di studio hanno portato a aggiornare il quadro conoscitivo con una serie di dati che consentono di valutare in termini oggettivi che, per l’autorizzazione dell’escavazione dei fondali sabbiosi del canale ed avamposto del porto di Marina Sveva, è sufficiente seguire il Percorso II previsto dal DM 173/2016 che prevede una caratterizzazione ambientale semplificata (validità 3-5 anni). Infatti le suddette attività di dragaggio riguardano volumi complessivi comunque inferiori a 40.000,00 m³ e la classificazione di porto in esame è del tipo turistico.

2. Relazione

Nei paragrafi successivi è delineata l’area d’insieme oggetto d’interesse, l’area di dragaggio e la relativa caratterizzazione e classificazione dei sedimenti, sono poi illustrate le indicazioni tecniche per la gestione dei materiali nelle aree di ripascimento e le connesse attività di dragaggio con le metodologie più appropriate.

2.1 Inquadramento generale della costa molisana e del tratto di interesse

Il Porto Turistico “Marina Sveva”, si colloca (vd. Figura 1) nella zona mediana dell’unità fisiografica che si estende per circa 34 Km tra i promontori di Punta Penna a nord-ovest (distante in linea d’area circa 13,5 km con rotta 154°N) e di Termoli a sud-est (circa 18,5 km con rotta 290 °N) ed il cui assetto geomorfologico a “scala vasta” è condizionato oltre che dai suddetti promontori dalla prominenzia deltizia della foce del Fiume Trigno che costituisce il principale corso d’acqua di questo litorale e si trova a meno di 1 km dalla struttura portuale in esame.



Fig. 1 – Inquadramento generale dell’unità fisiografica di pertinenza del litorale in esame (fonte Geoportale Nazionale gestito dal MATTM)

La conformazione d'insieme di questa unità fisiografica è il risultato di un articolato bilancio morfodinamico tra gli apporti solidi fluviali del Trigno ed i processi di trasporto solido litoraneo associati all'azione del moto ondoso incidente. In tempi storici la fascia litoranea è stata contraddistinta da fenomeni di ripascimento naturali indotti dalla prevalenza della portata solida fluviale sul bilancio solido litoraneo; dal secondo dopoguerra, ed in particolare negli ultimi decenni, con la riduzione degli apporti solidi fluviali (correlati alla realizzazione di dighe e sbarramenti ed interventi di sistemazione idrogeologica e riforestazione lungo il bacino idrografico del Trigno) si è invece registrato un diffuso e persistente smantellamento dell'apparato di foce e della fascia litoranea limitrofa.

Il porto turistico Marina Sveva si trova sul lobo di ponente del delta del fiume Trigno (in sinistra idraulica) ed il molo sottoflutto è posto circa 500 m ad ovest dell'alveo di piena del corso d'acqua.

Più specificatamente per l'area di interesse che va dalla Formale del Molino al Torrente Mergola è presente un morfotipo costiero di due tipologie: costa di pianura alluvionale e costa di litorale diritto digradante con tendenza della linea di riva in arretramento (vd. Figura 2). Per tutto il tratto di costa suddetto dal 1954 al 2003 l'erosione ha causato una perdita complessiva di circa 672.000 m² di area costiera con un arretramento medio di -90 m e massimo di -160 m della linea di riva (Pietro P.C. Aucelli et alii, 2009 [2]).

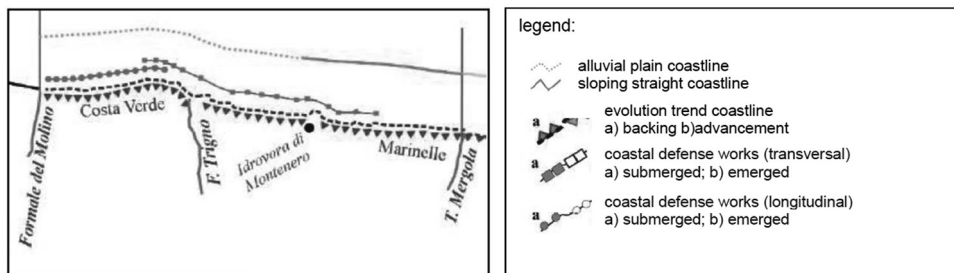


Fig. 2 – Morfotipi costieri, tendenze evolutive e strutture di protezione costiera presenti lungo la costa molisana (Pietro P.C. Aucelli et alii, 2009)

2.2 Area di dragaggio

La superficie marina oggetto di escavo è localizzata nell'area di canale di accesso (A) e lungo l'avamposto (B) al Porto Turistico “Marina Sveva” che ricade nella zona mediana del litorale del Comune di Montenero di Bisaccia (CB), a meno di 600 m dal confine con la Regione Abruzzo e quindi rappresenta la prima struttura portuale della Regione Molise per le rotte di navigazione provenienti dal nord e centro Adriatico.

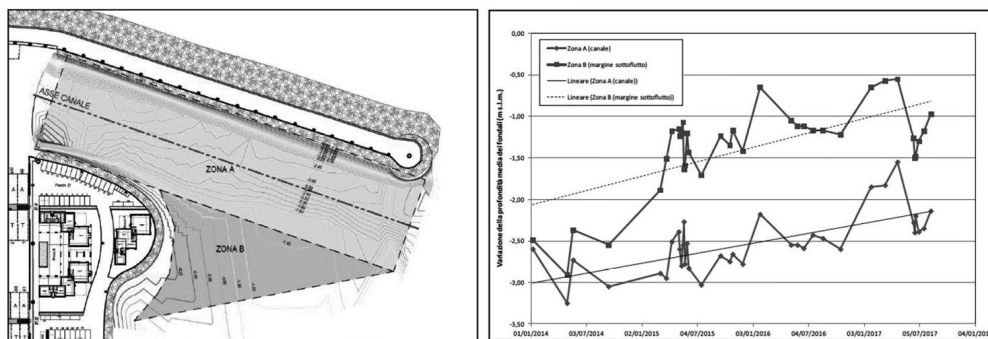


Fig. 3 (sinistra) – Area di dragaggio lungo l’area di accesso (A) e l’avamposto (B); – Tendenza evolutiva di insabbiamento delle zone che compongono l’area di escavo

Sulla base dei dati acquisiti negli anni (2014 - 2017) a mezzo di scandagli speditivi effettuati dal personale della stessa marina e da un rilievo batimetrico e topografico con ecoscandaglio idrografico del tipo SB abbinato ad un GPS in RTK realizzato nell’ottobre 2017 è stata effettuata un’analisi diacronica della variazione delle profondità medie dei fondali nel tempo evidenziando una tendenza evolutiva di insabbiamento per le aree oggetto di escavo.

Da questa attività di analisi (riferita ad un totale di 36 scandagli dei fondali eseguiti da gennaio 2014 sino ad agosto 2017) si ricava in termini oggettivi che l’area, al netto degli interventi annuali di dragaggio condotti (per quantitativi al massimo dell’ordine di 5.000 m³/anno a seguito delle relative autorizzazioni della Regione Molise alla società SMM SpA che gestisce la stessa Marina), è contraddistinta da:

- nel canale (zona A) una tendenza di insabbiamento mediamente pari anche a 30 cm/anno quindi abbastanza contenuta seppure le variazioni relative ultimamente hanno superato anche i 20 cm/mese;
- il fenomeno di insabbiamento è più marcato a ridosso del molo sottoflutto (zona B, oltre i 50 cm/anno).

2.3 Caratterizzazione e classificazione del materiale di escavo

Considerato che la tipologia portuale in esame è quella di un Porto Turistico e che, come precisato nel prosieguo, le volumetrie complessive di dragaggio sono inferiori a 40.000,00 m³ la classificazione della procedura di indagine da seguire ai sensi del DM 173/2016 afferisce alla tipologia “Percorso II”.

Per i materiali di dragaggio sono state condotte diverse tipologie di analisi (ecotossicologica, chimica, fisica, biologica) che hanno determinato classe di gravità del pericolo ecotossicologico ASSENTE, classe di gravità del pericolo per l’indice di pericolo chimico ASSENTE – TRASCURABILE e BASSO, prevalente frazione sabbiosa compresa tra l’ 81.4% e il 91.6%, un quadro microbiologico con valori all’interno dei limiti legislativi (in particolare la salmonella, che per quanto concerne gli aspetti sanitari può essere considerato il più importante tra i parametri biologici, risulta assente).

Nello specifico i sedimenti analizzati e prelevati dalle aree oggetto dei lavori di dragaggio sono di classe A e conformemente a quanto previsto dall’Allegato Tecnico del DM 173/2016 (paragrafo 2.8 Opzioni di gestione) il materiale di dragaggio può essere utilizzato per interventi di ripascimento ed in particolare il ripascimento emerso sarà realizzato con i sedimenti che presentano frazioni di pelite inferiori o uguali al 10% e il ripascimento sommerso sarà realizzato con i sedimenti che presentano frazioni di pelite maggiori del 10% ma comunque con frazione prevalente di sabbia.

2.4 Indicazioni tecniche per la gestione dei materiali: aree di ripascimento

Le aree di ripascimento individuate sono quattro (R1 - R2 - R3 - R4) di cui in via prioritaria la superficie R4 a ridosso della foce del fiume Trigno.



Fig. 4 – Aree di ripascimento

Analisi analoghe a quelle condotte per la caratterizzazione dei sedimenti in area di escavo sono state condotte per le aree di ripascimento. Le risultanze hanno portato a definire che le caratteristiche ambientali dei sedimenti dell'area di ripascimento hanno una classe di qualità pari ad A ed i sedimenti presenti in area di escavo sono pienamente compatibili dal punto di vista ambientale e più specificatamente per le caratteristiche ecotossicologiche, chimiche, fisiche e microbiologiche attinenti le analisi condotte e richieste dall'Allegato Tecnico del DM 173/2016.

D'altra parte i sedimenti che compongono i fondali da dragare appartengono allo stesso ambito litoraneo di quelli presenti lungo le spiagge da ripascere.

Si riportano le specifiche progettuali delle attività da svolgere distinguendole per l'area di dragaggio e di ripascimento e indicando i principali indicatori dei lavori da realizzare: profondità di escavo, superfici e volumi di dragaggio, superfici e rispettivi volumi di ripascimento.

2.5 Quantitativi di sedimenti da dragare e conferire a ripascimento

I quantitativi totali di dragaggio per il primo anno sono pari a 16.248,00 m³, di cui:

- 10.923,00 m³ provenienti dalla ZONA A-canale per una profondità finale dell'escavo di 3,00 m,
- 5.325,00 m³ provenienti dalla ZONA B-avamposto per una profondità finale dell'escavo di 2,00 m.

Le aree di ripascimento individuate hanno una volumetria complessiva superiore a quella di escavo, infatti risulta essere di almeno 52.000,00 m³, di cui R1 30.000,00 m³, R2 2.500,00 m³, R3 3.000,00 m³ ed R4 superiore a 16.500,00 m³.

Per i successivi quattro anni è previsto un piano di manutenzione con ratei annui di dragaggio pari a 5.930,00 m³ per un totale complessivo di 39.968,00 m³.

2.6 Metodologie di dragaggio e ripascimento

Sulla base delle caratteristiche e delle quantità dei sedimenti presenti sui fondali da dragare e della ubicazione del litorale (emerso/sommerso) ove conferirlo a ripascimento le attività di dragaggio/ripascimento possono essere eseguite con i seguenti mezzi d'opera:

- mezzi marittimi per le fasi di dragaggio, trasporto e refluento compreso il conferimento in opera nel caso dei ripascimenti sommersi;

- mezzi terrestri di uso comune nei cantieri (escavatori, pale meccaniche, dozer, ecc.) sia per le movimentazioni delle tubazioni di refluento (emerso/sommerso) sia per la formazione delle colmate e successivi spianamenti delle sabbie nel caso dei ripascimenti emersi.

Così come previsto all'Allegato Tecnico del DM 173/2016 potranno essere utilizzate metodologie tecniche di dragaggio sia di tipo meccanico o idraulico ma anche combinate tra loro in funzione dei mezzi marittimi da utilizzare. In entrambi i casi si adotteranno tecniche e fasi di dragaggio tali da consentire l'escavazione dei fondali con gradualità procedendo per strati continui senza impropri approfondimenti localizzati. Considerando l'ottima qualità dei materiali, tutti di classe A, non è necessario attuare particolari procedure lavorative differenziate in distinte zone e quote di dragaggio. Come meglio esplicitato di seguito, saranno utilizzate tecnologie e metodiche di lavoro tali da minimizzare dispersioni di sedimento e approfondimenti localizzati così da non influenzare la dinamica del moto ondoso e delle correnti dell'area.

Infatti, al fine di minimizzare i possibili effetti di sospensione, è necessario prevede l'adozione di sistemi e mezzi di dragaggio che possono definirsi di tipo "ambientale" come ad esempio draghe idrauliche semoventi a strascico autocaricanti aspiranti refluenti (TSHD) e mezzi marittimi dotati di apposita tramoggia di carico ed escavatori a funi (o con braccio meccanico) equipaggiati con benne di tipo ambientale che non comportano dispersione di materiale in grado di:

- effettuare un dragaggio selettivo e di precisione, minimizzando le quantità d'acqua aggiunte al materiale rimosso;
- dragare evitando eccessivi approfondimenti localizzati;
- minimizzare le quantità di materiale disperso;
- minimizzare la turbativa per l'ambiente circostante;
- trasportare il materiale verso l'area di deposizione in assoluta sicurezza, ovvero non causando sversamenti o dispersioni accidentali lungo le rotte e prevedendo l'utilizzo di panne assorbenti qualora vi fossero eventuali sversamenti accidentali;
- controllare tutte le fasi operative del dragaggio mediante l'impiego di strumenti di navigazione e di posizionamento di elevatissima precisione, basati su tecnologie di tipo satellitare;
- razionalizzare le fasi di accantieramento in funzione delle tecniche di intervento e dei mezzi utilizzati al fine di ridurne i tempi;
- analizzare e ottimizzazione degli interventi di ripascimento previsti, mediante individuazione dell'apporto ottimale di sabbia per metro lineare di spiaggia con appositi studi specialistici specifici di ingegneria marittima e costiera che tengano in conto oltre che del moto ondoso e delle correnti anche di eventuali fattori esterni quali canali di scolo delle acque meteoriche;
- riduzione dei tempi d'esecuzione complessivi anche prevedendo l'eventuale utilizzo combinato di mezzi marittimi.

3. Conclusioni

L'insieme delle attività di studio condotte ha portato a definire che:

- l'area di escavo riguarda essenzialmente il canale di accesso (zona A) e marginalmente la zona di avamposto (zona B) più prossima alla testata del molo sottoflutto;
- i volumi di dragaggio assommano complessivamente a 39.968,00 m³, di cui 16.248,00 m³ per il primo anno (tali da assicurare il ripristino del tirante idrico lungo il canale almeno sino alla -3,0 m s.l.m.) mentre per i successivi 4 anni si prevede di dragare un quantitativo al massimo di 5.930,00 m³/anno per un totale di 23.720,00 m³ (per assicurare il mantenimento dei fondali del canale e dell'avamposto con cadenza annuale).

Una volta individuata e inquadrata l'area di dragaggio sono state pianificate ed attuate le necessarie attività di caratterizzazione e classificazione dei materiali dell'area di escavo.

Pertanto, secondo quanto previsto dal DM 173/2016, a seguito di specifiche analisi ponderali condotte con il supporto del codice di calcolo Sedilqualsoft predisposto e distribuito a tal scopo dall'ISPRA i sedimenti analizzati e prelevati dalle aree oggetto di lavori di dragaggio sono risultati tutti di classe A.

Inoltre dalle risultanze di laboratorio è emerso che i sedimenti dell'area di ripascimento, analogamente a quelli esaminati per l'area di dragaggio, hanno una classe di qualità pari ad A.

Da una comparazione delle analisi ottenute per i sedimenti in area di escavo e di ripascimento si è ricavata una piena compatibilità dal punto di vista ambientale e più specificatamente per le caratteristiche ecotossicologiche, chimiche, fisiche e microbiologiche attinenti le analisi condotte e richieste dall'AT del DM 173/2016.

Definite così le caratteristiche dell'area di dragaggio e di ripascimento sono state designate le indicazioni tecniche per le modalità di escavo, trasporto ed immersione con adeguati mezzi d'opera (marittimi e terrestri) al fine di minimizzare comunque le possibili interferenze con l'ambiente marino durante l'esecuzione delle lavorazioni di dragaggio e ripascimento.

Bibliografia

[1] **Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 15 luglio 2016 n.173** (DM 173/2016) "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini"

[2] **Aucelli P.C., Iannantuono E., Roskopf C.M.**, (2009).Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia meridionale). Ital.J.Geosci.(Boll.Soc.Geol.It.), Vol. 128, No. 3, pp. 759-771

Porto di Marina di Carrara: la gestione dei sedimenti dragati in ambito portuale

Ivano Melito¹ i.melito@adspmarligureorientale.it, Domenico Ciavarella¹,

Stefano Boscolo Cucco²

¹Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, Uff. Territoriale di Marina di Carrara

²La Dragaggi srl

Riassunto

Il presente lavoro descrive la caratterizzazione ambientale eseguita sui fondali dell'area del porto di Marina di Carrara e dell'area marina a Sud del porto individuata per il ripascimento della spiaggia sommersa, la conseguente classificazione di qualità ambientale dei sedimenti in applicazione dei criteri previsti dal D.M. 173/2016 nonché l'intervento di dragaggio recentemente eseguito e la relativa gestione dei sedimenti dragati.

Summary

This paper reports the results of the wide environmental analysis conducted in the port of Marina di Carrara, port basin and entrance channel, and in the marine area South of the port located for submerged beach nourishment. It is also discussed the environmental quality classification of sediments according to D.M. 173/2016 as well as the dredging works recently carried out and the dredged sediment management.

1. Introduzione

Nei vari interventi di dragaggio eseguiti nel corso degli anni passati, l'Autorità Portuale di Marina di Carrara (oggi Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, ai sensi della Legge n. 84 del 28 Gennaio 1994 e al successivo riordino della legislazione in materia portuale ai sensi del D.Lgs. n. 169 del 4 agosto 2016 che ha istituito le Autorità di Sistema Portuale) ha sempre mirato alla gestione ottimale dei sedimenti dragati favorendo principalmente il loro utilizzo per il ripascimento della spiaggia sommersa. In seguito all'entrata in vigore del D.M. 173/2016 è stato recentemente realizzato un intervento di dragaggio del canale di accesso al porto sulla base della caratterizzazione ambientale eseguita e al relativo esito della classificazione della qualità ambientale dei sedimenti da dragare effettuata ai sensi dello stesso D.M.

2. La caratterizzazione ambientale dei fondali

Al fine di avere un quadro conoscitivo completo della natura dei fondali da dragare e di quelli dell'area marina individuata per il ripascimento è stata eseguita una ampia caratterizzazione ambientale dei fondali suddetti.

2.1 Caratterizzazione ambientale dell'area portuale

Nel marzo 2015, sulla base del Piano di caratterizzazione ambientale redatto dall'ISPRA [1], è stata realizzata campagna di caratterizzazione ambientale dei fondali del canale di accesso al porto e del bacino portuale interessati dalle attività di dragaggio. Sulla base delle quote dei fondali e dei relativi spessori di escavazione previsti, è stata impostata la griglia di caratteriz-

zazione (Fig. 1) composta da sub-aree unitarie a maglia quadrata aventi lato variabile da 50 a 200 m (50 m, 100 m e 200 m). In totale sono state prelevate mediante carotiere n. 51 carote di lunghezza variabile da 0,50 m a 4,50 m. Per ogni carota sono state prelevate delle sezioni ogni 0,50 m di spessore di sedimento. Sulle sezioni da 0,50 m di spessore prelevate dalle carote da MC1 a MC40 (cerchio in “rosso” in Fig. 1) sono state eseguite le analisi granulometriche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche su n. 3 specie test tra quelle indicate nel Piano di Caratterizzazione dell’ISPRA [1]. Sulle sezioni da 0,50 m di spessore prelevate dalle carote da MC41 a MC51 (cerchio in “verde” in Fig. 1) sono state eseguite le sole analisi granulometriche, ad eccezione della carota MC51 su cui sono state eseguite anche le analisi chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche.

Le analisi granulometriche sono state eseguite sui campioni prelevati dalle n. 246 sezioni da 0,50 m di spessore mediante batteria di setacci a 1/2 phi, mentre la frazione fine di sedimento (diametro <0,063 mm) è stata analizzata con sedigrafo. Le analisi chimiche sono state eseguite su n. 177 campioni prelevati, le analisi microbiologiche ed ecotossicologiche sono state eseguite su n. 69 campioni prelevati impiegando le seguenti specie test: Batteri (*Vibriofischeri*) su elutriato, Crostacei (*Corophium orientale*) sul sedimento tal quale, Echinodermi (*Paracentrotus lividus*) su elutriato.

2.2 Caratterizzazione ambientale dell’area marina a Sud del porto

L’area marina individuata per il ripascimento del profilo di spiaggia sommersa mediante deposizione dei sedimenti dragati, distante circa 1,20 miglia nautiche dall’imboccatura del porto di Marina di Carrara, larga 500 m e lunga 3.150 m circa, comprende la fascia costiera a partire dalla “Torre FIAT” e si estende fino ad arrivare quasi al Fiume Frigido, su fondali che vanno da -5,5 m l.m.m. a -8,5 m l.m.m. circa di profondità.

Le indagini di caratterizzazione ambientale sono state eseguite ad aprile 2015 sulla base del Piano di caratterizzazione ambientale redatto dall’ISPRA [2] e hanno riguardato complessivamente l’area marina larga 1 km e lunga 7 km circa, ben più ampia rispetto a quella individuata per il ripascimento, che si estende verso Nord per 1 km fino al Fosso Lavello e verso Sud per 3 km oltre il Fosso Poveromo. Nel Piano di caratterizzazione ambientale dell’ISPRA [2] sono state individuate le n. 12 stazioni di campionamento ambientale tra le n. 110 stazioni complessive di campionamento dei sedimenti superficiali (Fig. 2).

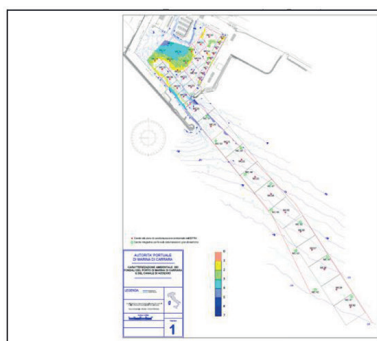


Fig. 1 – Planimetria della caratterizzazione ambientale del bacino portuale e del canale di accesso [1].

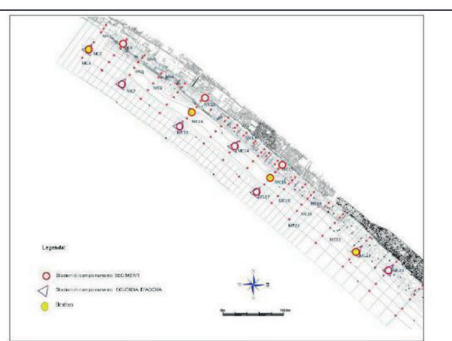


Fig. 2 – Planimetria dell’area marina interessata dalla caratterizzazione ambientale che include l’area marina di ripascimento [2].

Sull’intera area marina individuata per il ripascimento è stato effettuato il rilievo batimetrico lungo le sezioni indicate con tecnica single-beam. Su n. 110 stazioni di campionamento è sta-

to effettuato il prelievo di sedimenti superficiali con benna Van Veen e sui relativi campioni prelevati sono state eseguite le analisi granulometriche mediante batteria di setacci a 1/2 phi. Su n. 24 stazioni (da MC1 a MC24), incluse nelle n. 110 stazioni totali, è stata eseguita la determinazione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti con l'individuazione delle principali frazioni dimensionali: ghiaia, sabbia (con le specifiche suddivisioni), pelite (silt e argilla), anche per un confronto con quella eseguita mediante batteria di setacci a 1/2 phi. Su n. 12 stazioni (MC2, MC4, MC7, MC10, MC11, MC12, MC14, MC15, MC16, MC17, MC23, MC24) è stato effettuato il prelievo di un campione di sedimenti superficiali con benna Van Veen e sui relativi campioni prelevati sono state eseguite le analisi chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche su n. 3 specie test (*Paracentrotus lividus - sviluppero*, *Vibrio Fischeri*, *Phaeodactylum tricornerutum*). Su n. 4 stazioni (MC2, MC11, MC16, MC23) sono state effettuate le analisi delle comunità macrozoobentoniche. Sono state altresì effettuate le attività analitiche sulla colonna di acqua di mare relativamente a n. 9 stazioni (MC2, MC7, MC11, MC12, MC14, MC16, MC17, MC23, MC24) che hanno riguardato la determinazione della torbidità tramite sonda multiparametrica, dei TSS (solidi sospesi totali) e dei saggi ecotossicologici su tre specie test (*Paracentrotus lividus - sviluppero*, *Vibrio Fischeri*, *Phaeodactylum tricornerutum*). Il prelievo di campioni d'acqua per la determinazione dei TSS e per l'esecuzione dei saggi ecotossicologici è stato effettuato tramite bottiglia Niskin e ogni campione è stato ottenuto miscelando l'aliquota prelevata a 1 m di altezza dal fondale marino e l'aliquota prelevata a 1 m di profondità dalla superficie marina. Sui n. 5 transetti (Fig. 3) è stata condotta la campagna di indagine Side Scan Sonar per la rilevazione dell'eventuale presenza della prateria di Posidonia Oceanica. Infine, su n. 4 stazioni (MW1, MW2, MW3, MW4) indicate in Fig. 4 è stata condotta la campagna per la valutazione di bioaccumulo su mitili autoctoni mediante protocollo *Mussel-Watch*.

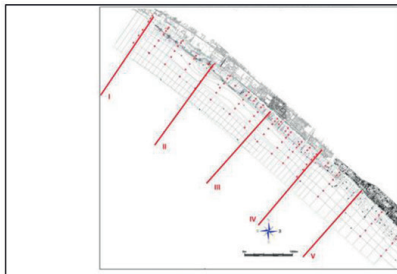
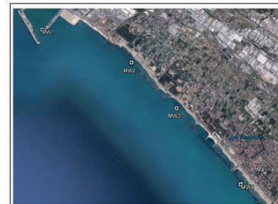


Fig. 3 – Localizzazione dei transetti per lo studio della prateria di Posidonia Oceanica [2].



| Stazione | Latitudine Nord | Longitudine Est |
|----------|-----------------|-----------------|
| MW1 | 44° 1' 56.025" | 10° 2' 17.78" |
| MW2 | 44° 1' 40.295" | 10° 4' 05.88" |
| MW3 | 44° 1' 07.795" | 10° 4' 30.98" |
| MW4 | 44° 0' 27.295" | 10° 4' 34.98" |

Fig. 4 – Stazioni della campagna per la valutazione di bioaccumulo (*Mussel-Watch*) [4].

Dalla campagna di indagine Side Scan Sonar è risultato che l'intera area è costituita da sedimenti sabbiosi in cui non è stata rilevata presenza di Posidonia Oceanica.

Dalla campagna di indagine delle comunità macrozoobentoniche è scaturito che l'analisi dei campioni raccolti ha portato alla individuazione di numerose specie caratteristiche della biocenosi delle sabbie fini ben classate (SFBC). Durante l'indagine non è stata rilevata la presenza di specie o ecosistemi di particolare interesse scientifico o naturalistico [3].

Nella campagna di indagine per la valutazione di bioaccumulo su mitili autoctoni mediante protocollo *Mussel-Watch* è stato rilevato che la stazione MW4 ha evidenziato valori generalmente in linea con le stazioni all'interno dell'area (MW2 e MW3) con differenze non statisticamente significative per tutti i metalli analizzati. Per la stazione MW1 sono stati rilevati valori differenti rispetto alle altre tre stazioni, sia in termini inferiori che superiori [4].

2.3 Caratterizzazione ambientale integrativa dell'area di dragaggio

In seguito all'entrata in vigore del D.M. 173/2016 (decreto ex art. 109 del D.Lgs. 152/2006) è stata eseguita a luglio 2017 la caratterizzazione ambientale integrativa dell'area di dragaggio, sulla base del Piano integrativo di caratterizzazione ambientale dell'ISPRA [5], al fine di ottenere ulteriori elementi conoscitivi secondo quanto previsto dall'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016. In particolare, per le indagini ecotossicologiche è stata considerata la seguente batteria: test di bioluminescenza su fase solida con *Vibrio fischeri*, test di crescita algale con *Pheodactylum tricornerutum* e test di "sviluppo" con il riccio di mare *Paracentrotus lividus*.

2.4 Valutazione della compatibilità sedimentologica

Le analisi granulometriche eseguite sui numerosi campioni di sedimenti prelevati, sia nell'area di dragaggio che nell'area marina individuata per il ripascimento, hanno portato alla determinazione delle curve granulometriche e dei parametri statistici calcolati di Folk e Ward [6], ossia media classazione, asimmetria e curtosi.

L'area marina individuata per il ripascimento è stata scelta in quanto i sedimenti dell'area di dragaggio fanno parte dell'Unità fisiografica della Toscana settentrionale [7] e con il loro flusso meridionale andrebbero ad alimentare le spiagge poste fino alla zona di convergenza, ubicata in prossimità di Marina di Pietrasanta [8]. Dallo studio eseguito per la valutazione della compatibilità sedimentologica è emerso che i sedimenti presenti nell'area marina individuata per il ripascimento sono costituiti da sabbie fini con classe modale a 3.0 phi e con percentuale di frazione fine estremamente variabile [9]. La distribuzione granulometrica dei materiali da dragare, in particolare nella loro componente sabbiosa, è estremamente simile a quella dei sedimenti nativi (Fig. 5) con valori dell'Indice di stabilità (Is) compresi tra 0,487 e 0,497 che sono valori decisamente buoni dato che 0,500 si ha quando il ripascimento viene fatto con sedimenti identici a quelli nativi [9]. Nell'ambito dello stesso studio è stata eseguita altresì la valutazione della compatibilità cromatica fra i sedimenti da dragare e i sedimenti nativi. Le misure (Fig. 6) sono state eseguite con un colorimetro di precisione Minolta CR-400 a luce diffusa con illuminante D65 [9].

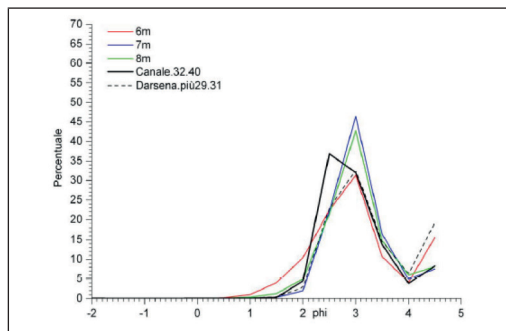


Fig. 5 – Distribuzione granulometrica dei sedimenti presenti nelle diverse fasce batimetriche e nel porto (celle n. 1-31) e nel canale di accesso (celle n. 32-40) [9].

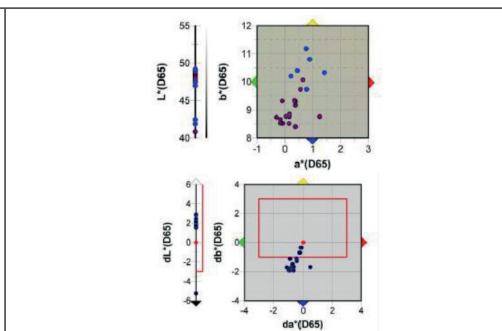


Fig. 6 – a) Posizione dei punti rappresentativi dei vari campioni nello spazio CIEL*a*b. In blu i sedimenti nativi e in viola quelli di ripascimento. b) Distanza nelle tre coordinate colorimetriche dei campioni dei sedimenti di ripascimento (in blu) dal campione "medio" dei sedimenti nativi (in rosso) [9].

2.5 Classificazione della qualità ambientale dei sedimenti da dragare

Sulla base dei dati derivanti dalle analisi granulometriche, chimiche ed ecotossicologiche della caratterizzazione ambientale, l'ISPRA ha effettuato nel 2015 la classificazione della qualità

ambientale dei sedimenti [10] che si è poi sviluppata nel 2017/2018 con l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata previsti dall'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016 mediante il modello Sediquasoft 109.0® in cui si è altresì tenuto conto delle indicazioni per l'applicazione del saggio di sviluppo nei criteri di integrazione ponderata che prevedono di effettuare il saggio di sviluppo embrionale utilizzando una diluizione pari al 50% rispetto all'elutriato tal quale [11].

L'esito della classificazione preso come riferimento progettuale per l'intervento di dragaggio recentemente realizzato è indicato in Fig. 7.

| n° CAMPIONE | CLASSIFICAZIONE SCHEMATICA SETTORI DI DRAGAGGIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | MC01 | MC02 | MC03 | MC04 | MC05 | MC06 | MC07 | MC08 | MC09 | MC10 | MC11 | MC12 | MC13 | MC14 | MC15 | MC16 | MC17 | MC18 | MC19 | MC20 | MC21 | MC22 | MC23 | MC24 | |
| Fuoco di anfora (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PS0 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| PS0-1000 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| PS0-1000 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| PS0-1000 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |

Fig. 7 – Classificazione della qualità ambientale dei sedimenti da dragare.

3. Il recente intervento di dragaggio

L'intervento di dragaggio finalizzato al mantenimento dell'efficienza del porto di Marina di Carrara è stato realizzato nel periodo gennaio-aprile 2020. L'intervento ha riguardato il dragaggio del canale di accesso al porto fino alla quota di -11 m l.m.m. e la collocazione dei sedimenti dragati in base alla loro classificazione di qualità ambientale: i sedimenti di Classe A con pelite <50% sono stati destinati al ripascimento della spiaggia sommersa del litorale di Marina di Massa compreso tra le foci del fosso Ricortola e del fosso Brugiano con fondali tra -5,0 e -7,0 m l.m.m. circa di profondità (Fig. 8), i sedimenti di Classe A con pelite >50% e quelli di Classe B sono stati movimentati all'interno dell'area portuale, i sedimenti di Classe C sono stati collocati a ridosso della banchina Buscaioli per livellare il fondale prima di realizzare la protezione al piede della banchina stessa mediante materassini composti da un geotessile in polipropilene zavorrato con blocchi di calcestruzzo ancorati al geotessuto con chiodi in polipropilene, i sedimenti classificati di Classe D sono stati gestiti in un sito appositamente attrezzato in testata della banchina Taliercio per essere poi conferiti ad un impianto autorizzato ai sensi del D.Lgs. 152/2006.



Fig. 8 – Area di ripascimento.

L'intervento di dragaggio, in seguito a procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA di competenza regionale, è stato escluso dalla procedura di VIA, successivamente è stata rilasciata l'autorizzazione, ai sensi dell'art. 109 del D.Lgs. 152/2006 e dell'art. 17 della Legge Regionale Toscana 80/2015, all'immersione in mare dei sedimenti marini. Nell'ambito dell'iter autorizzativo dell'intervento è stata richiesta, in applicazione delle Linee Guida della Regione Toscana per il rilascio dell'autorizzazione di cui all'art. 17 della L.R. 80/2015 (approvate con delibera di Giunta Regionale n. 304/2018), una caratterizzazione differenziata ai sensi del

D.M. 173/2016 per singola componente granulometrica (sabbie, limi, argille) al fine di valutare la sostenibilità degli effetti sulla qualità delle acque dei sedimenti con una frazione pelitica superiore al 20%. Pertanto, è stato eseguito un ulteriore campionamento dei sedimenti, sebbene già classificati di Classe A con frazione sabbiosa > 50% ma con pelite > 20% e idonei all'utilizzo per il ripascimento della spiaggia sommersa ai sensi dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016, e sui campioni prelevati sono state effettuate, pur con tutti i limiti del metodo adottato a causa della singolarità della richiesta stessa che esula dai dettami normativi, delle analisi chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche in base alle quali non sono state ravvisate criticità per la qualità dell'ambiente marino costiero.

L'intervento è stato realizzato con l'impiego di due draghe a fondo apribile a tenuta stagna, una dedicata alle attività di dragaggio ai fini dello spostamento dei sedimenti dragati in ambito portuale e l'altra dedicata alle attività di dragaggio e successivo ripascimento, per un quantitativo complessivo di sedimenti dragati di circa 150.000 m³, di cui 120.000 m³ utilizzati per il ripascimento della spiaggia sommersa del litorale di Marina di Massa, 26.500 m³ spostati in ambito portuale e 3.500 m³ conferiti ad un impianto autorizzato ai sensi del D.Lgs. 152/2006 perché non idonei per il ripascimento.

Nel corso dell'intervento è stato altresì attuato il Piano di Monitoraggio Ambientale in riferimento alle indicazioni del D.M. 173/2016. Nell'area di dragaggio, nelle fasi ante operam e in corso d'opera, è stato effettuato il monitoraggio in continuo tramite sonda multiparametrica dei parametri fisici della colonna d'acqua con particolare riferimento alla torbidità. Nell'area di ripascimento è stato effettuato (nelle fasi ante operam e in corso d'opera) il monitoraggio della colonna d'acqua per la caratterizzazione microbiologica ed ecotossicologica (*Vibrio fischeri*, *Pheodactylum tricornerutum* e *Paracentrotus lividus*), il rilievo dei parametri fisici con sonda multiparametrica manuale nonché il monitoraggio (nelle fasi ante operam e post operam) della qualità dei sedimenti superficiali, del macrobenthos e del bioaccumulo (*Mytilus galloprovincialis*). In corso d'opera è stata effettuata una campagna di misure di rumore prodotto dalle draghe in fase di dragaggio e di ripascimento nonché l'osservazione diretta in mare per segnalare l'eventuale presenza di cetacei. Dall'esito del monitoraggio non sono emersi effetti significativi dell'intervento sui parametri monitorati.

Il ripascimento della spiaggia sommersa eseguito nell'area del litorale di Marina di Massa, in linea con le previsioni del "Documento operativo per il recupero e riequilibrio della fascia costiera" della Regione Toscana, seppure modesto nei quantitativi, ha comunque determinato, sulla base del confronto dei rilievi batimetrici eseguiti prima e dopo l'intervento, un innalzamento dei fondali causando una maggiore dissipazione dell'energia delle onde incidenti sulla costa in modo da attenuare i relativi processi erosivi.

4. Conclusioni

L'intervento di dragaggio del porto di Marina di Carrara recentemente eseguito ha comportato, analogamente agli interventi eseguiti in passato, l'utilizzo della maggior parte dei sedimenti dragati per il ripascimento della spiaggia sommersa del litorale di Marina di Massa, in linea con i principi dell'economia circolare e di sviluppo sostenibile, in seguito alla classificazione ottenuta con l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata previsti dal D.M. 173/2016, confermando complessivamente l'alta qualità ambientale dei sedimenti dragati.

Bibliografia

- [1] ISPRA, "Piano di Caratterizzazione ambientale finalizzato al dragaggio dei sedimenti del porto di Marina di Carrara", Novembre 2014.
- [2] ISPRA, "Indicazioni tecnico-scientifiche relative alle attività di caratterizzazione e monitoraggio dell'area costiera proposta per le attività di ripascimento con le sabbie provenienti dall'area portuale di Marina di Carrara", Aprile 2015.

- [3] Aplysia, “Attività per la caratterizzazione e il monitoraggio di un’area destinata a ripascimento con le sabbie provenienti dall’area portuale di Marina di Carrara - Analisi dei popolamenti macro-zoobentonici”, Giugno 2015.
- [4] Aplysia, “Attività per la caratterizzazione e il monitoraggio di un’area destinata a ripascimento con le sabbie provenienti dall’area portuale di Marina di Carrara - Analisi chimiche per la valutazione di bioaccumulo su mitili autoctoni (*Mytilus galloprovincialis*) mediante protocollo *Mussel-Watch*”, Giugno 2015.
- [5] ISPRA, “Piano Integrativo di Caratterizzazione ambientale finalizzato al dragaggio dei sedimenti del porto di Marina di Carrara”, Luglio 2016.
- [6] Folk R.L. and Ward W.C., “Brazos River bar, a study in the significance of grain size parameters”, *Journal Sedimentary petrology*, v. 27, p. 3-26, 1957.
- [7] Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D’Alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M., Pranzini E., “Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana fra la foce del Fiume Magra e i Monti dell’Uccellina”, *Boll. Soc. Geol. It.* 94: 1519-1571, 1976.
- [8] Pranzini E., “Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche di una zona di convergenza del trasporto litoraneo (Versilia, Toscana)”, *Studi costieri*, 8: 135-149, 2004.
- [9] Pranzini E., “Valutazione dell’efficacia del ripascimento della spiaggia sommersa del litorale di Marina di Massa con i sedimenti provenienti dal dragaggio del bacino portuale e del passo di accesso al porto di Marina di Carrara”, *Rapporto di progresso n. 3*, Agosto 2015.
- [10] ISPRA, “Classificazione della qualità ambientale dei sedimenti del porto di Marina di Carrara finalizzata al dragaggio e alla successiva gestione”, Luglio 2015.
- [11] Sartori D., Macchia S., Vitiello V., Morroni L., Onorati F., Pellegrini D., “ISPRA, Quaderni - Ricerca Marina n. 11/2017”, Dicembre 2017.

Blue economy growth: the role of the transport sector

Elisabetta Venezia elisabetta.venezia@uniba.it
Università degli studi di Bari Aldo Moro, Bari

Riassunto

Il trasporto marittimo è uno degli elementi più importanti in grado di influenzare l'ambiente costiero e marino del Mar Mediterraneo. Dopo una presentazione della rassegna della letteratura più recente sul trasporto marittimo e sulla crescita della Blue Economy, il presente lavoro fa luce su questi elementi analizzando gli aspetti socio-economici e ambientali. L'obiettivo principale è presentare i risultati delle stime econometriche della rilevanza del trasporto marittimo per l'economia, la società e l'ambiente con riferimento ad alcune aree geografiche specifiche. I risultati saranno interpretati considerando iniziative politiche, come la Convenzione di Barcellona per la protezione dell'ambiente marino e la regione costiera del Mediterraneo. I risultati del paper contribuiscono al dibattito scientifico e operativo sulle più ampie iniziative europee per dare risalto alle potenzialità del trasporto marittimo e al suo ruolo nella crescita della Blue Economy in difesa del territorio e dell'ambiente.

Summary

Maritime transport is one of the most important element which may affect coastal and marine environment of the Mediterranean Sea. After a presentation of the literature review on the most recent papers on maritime transport and on Blue Economy growth, the paper sheds some light on these elements by looking at the socio-economic and environmental aspects. The main aim is to present the results of the econometric estimations of the relevance of maritime transport for the economy, society and environment with a particular application to some specific geographical areas. The results will be interpreted by considering policy initiatives, such as the Barcelona Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean. The results of the paper contribute to the scientific and operative debate on the broader European initiatives to give emphasis to the maritime transport potential and its role in the Blue Economy growth in defence of the territory and of the environment.

1. Introduction

As it is clearly stated in the Commission's Communication on 'Blue Growth Opportunities for marine and maritime sustainable growth' [1] the growth of 'Blue Economy' "...represents the maritime dimension of the Europe 2020 strategy. It can contribute to the EU's international competitiveness, resource efficiency, job creation and new sources of growth whilst safeguarding biodiversity and protecting the marine environment, thus preserving the services that healthy and resilient marine and coastal ecosystems provide...". At the Mediterranean level 'Blue Economy' constitutes an advantage for the development of the region. Amongst the uses with the highest importance for the Mediterranean 'Blue Economy' is maritime transport. Both passenger and cargo flows support the socio-economic development of the region while ensuring the spatial cohesion of insular and continental parts of the region. Additional-

ly, maritime transport generates significant pressures on the environment. Marine and coastal space is affected by maritime transport as the activity creates emissions caused by ships and ports, risks of accidents and acute pollution events, underwater noise, marine litter and the introduction of invasive alien species mostly due to ballast water discharges [2].

The study provides useful and actionable insights into how to improve policy coherence for a Blue Economy - an area that is central to Italy's sustainable development agenda. The study focuses on the importance of Blue Economy objectives in relation to exports and economic growth. For example, efforts might focus on the development of dedicated policy or legislative instruments; on 'plugging gaps' in legislative or policy frameworks; or facilitating collaborative mechanisms such as inter-agency working groups. Whilst focused on Apulia area, in South Italy, the results of this study have relevance to all countries wishing to develop a contextually sensitive and tailored approach to this contested concept. The paper begins with a literature review. It then introduces the conceptual framework and methods employed in the study for an econometric evaluation. After outlining the results of the analysis, the paper concludes with a discussion of the implications of these findings.

2. Main content

The concept of "Blue Economy for Sustainable Coastal Development" is a concept of more innovative technologies to the market based on this framework. These innovative technologies are expected to generate new cash flow, and consequently new jobs. It is important to find investors who believe that these are good opportunities. "The Blue Economy" is a social system created by through a step by step process. It is named after this beautiful Earth whose sky and ocean are blue, as long as there is no pollution.

Pollution can be controlled by applying zero-waste technology, "3 R" (Reduce, Reuse and Recycle)

technology, together with wastewater treatment facilities. Every economic sector as well as human

activity must produce low or no carbon emissions and waste. It is necessary then to improve the productivity and efficiency of economic sectors on a sustainable basis. Blue economy as the mainstream of national development and can integrate socio-economic development based on land and sea in a sustainable manner. Firstly, we have to establish an integrated spatial planning for upland-coastal-ocean areas of any given region. There are public processes of analysing and allocating the spatial and temporal distribution of human activities in marine areas to achieve ecological, economic, and social objectives that are usually specified through a political process. Spatial planning (Zoning) is also required in order to attract investors [3]. With regard to maritime transport, shipping needs a global regulatory framework in which to operate: as an inherently international industry it requires the same rules to apply at both ends of a voyage. Shipping is the safest, most secure, most efficient and most environmentally sound means of bulk transportation. Shipping is subject to the first ever global and legally binding CO₂ regulations for an entire economic or industrial sector. International shipping contributes to the main pillars of sustainable development. Further greening of the sector is nevertheless desirable and achievable [3].

While with reference to coastal tourism, globally, it is the largest market segment and is growing rapidly, becoming less sustainable. Marine and coastal environments are threatened assets of global tourism. Climate change is demanding a greening of marine and coastal tourism. By creating sustainable tourism we can create new jobs and reduce poverty. Tourism development can support local economy and again reduce poverty.

Investing in greening tourism can reduce costs and enhance the value of ecosystems and cultural heritage. The private sector must be mobilised to support sustainable tourism and needs

access to financing for investing in greening practices. Cross-sectorial consultation and Integrated Coastal Zone Management (ICZM) are required for good sustainable tourism, destination planning and development strategies. Government investments and policies can leverage private sector actions on sustainable tourism. Design and construction works in coastal and ocean areas should be in harmony with the structure, characteristics and dynamic of any given unit of a coastal and ocean zone [3].

2.1 Econometric evaluation

Evaluating the socio-economic importance of marine and coastal activities has been a challenge attracting the attention of the international scientific and non-scientific community [4]. When examining maritime transport within the context of ‘Blue Economy’, both the operations at sea and port operations should be considered. Additionally, the assessment of its socio-economic contribution can be either conducted in an individual basis or in a comparative context against the contribution of other marine and coastal uses. This approach is line with the Barcelona Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean [5].

In this section is now proposed an econometric evaluation by considering an Italian area and, particularly, all Apulian ports, over the period 1998-2018. It measures percentage of high-tech of export are considered as a dependent variable which may be affected by the adoption of “Blue economy system” and some other crucial variables presented in the following equation.

$$TECH_{it} = \alpha + \beta_1 \text{Ln}(\text{POP}_{it}) + \beta_2 \text{Ln}(\text{GNI}_{it}) + \beta_3 \text{END}_{it} + \beta_4 \text{BE}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Where:

TECH measures percentage of high-tech of exports;

POP is the population;

GNI is per capita gross national income;

END measures transport infrastructures endowment;

BE is a dichotomous variable that takes the value of one if the port has can be considered in a Blue Economy context;

ε is the error term

i denotes port, t year, Ln natural logarithm.

The proposed specification can be defined as “macroeconomic” due to the presence, among regressors, of macroeconomic variables instead of the common microeconomic variables which are generally included in the econometric equation. Therefore, it is clear that this is not a common study on the behavior of exports and there is the novel contribution of considering the effect of Blue Economy environment. With particular regard to the transport sector, there are different ways to analyse it when infrastructures are considered. For example it is possible to consider on one side monetary inputs, such as expenses for transport infrastructure (public and private) and physical measures such as the endowment of ports, roads, railways and so on. Here, for the empirical analysis, only monetary values have been used referred to ports. This means that the infrastructural endowment is expressed in monetary values depurated by all those costs which have no relation with transport infrastructures.

Results are presented in Table 1. The analysis estimates show, in summary, that on the percentage of high-tech exports:

- the population acts positively,

- the national income per capita acts positively and is statistically significant,

- transport infrastructures act positively.

Analyzing the results obtained, we can deduce, therefore, that a Blue economy context can be a useful element to increase the percentage of high-tech exports.

| | TECH |
|-------------------------|------------------------------|
| ln(POP) | 1.07 (0.52)*** |
| ln(GNI) | 1.99 (0.84)*** |
| ln (END) | 0.75 (1.29)*** |
| BE | 1.35 (3.77)*** |
| Constant | -27.66 (11.36)* |
| <i>R squared</i> | 0.87 |
| N | 9 |
| | *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.15 |

Tab. 1 – Results of the econometric evaluation.

Results stemming from the empirical analysis of this paper show transport infrastructure investment acts as a complementary measure in addition to other important conditions, which must be met if further economic development (both in terms of GDP and occupation) is to take place. As indicated by Banister and Berechman [6] and Venezia [7], additional transport investment is not a necessary condition, but acts in a supporting role when other factors are at work. There are elements, such as technological innovations, which can support welfare. Hence, in general, transport development serves as a growth supporter and not as a growth generator. Results of the analysis supplied in this paper suggest that it is rather better to improve existing infrastructures or to adequate them to the market needs, which require important dredging and/or construction of new ones port works to support these trade exchanges. Other important investments are linked to a more pressing use of technology.

3. Conclusions

These study has provided the governments with baseline information on the economic contribution from the ports for local port investment, planning and protection strategies. As the Blue Economy process has matured, a time series of port economy data has been developed to assist with analysing effects and impacts on port economy and trade, namely exports. This study has developed a range of information that can be used by marine policy-makers, politicians, lobbyists, industries and non-government organizations with Blue Economy perspective mandates. The most frequent use is quoting the total value of the growth economy as an indicator of its societal and economic importance. Besides navigation requirements, in some instances dredging could be used for reducing the risks associated with contaminated sediments in coastal ecosystems [8].

In the light of this contribution, it is possible to state that shipping is the most effective modal of international transport for most commodities, being economical and reliable to an extent that greatly facilitates trade and helps create prosperity between peoples and nations. The volume of cargo transported, which was 8 billion tons per mile in 1968, reached 55.057 billion tons per mile by 2016. Global vessel fleet (considering self-propelled merchant vessels above 99 gross tons) totaled 103,392 thousand vessels with a volume of 1.39 billion tons in 2011. After some years of decline, the number of vessels of the global fleet in January 2018 was 94,171 thousand, but their volume increased to 1.92 billion tons, which indicates that individual vessels grew bigger and with more transport capacity. These vessels mainly consist of bulk carriers, tankers, and container ships that are like blood cells in the vital arteries of international trade, and therefore the key issue to understanding global maritime trends. Bulk carriers carry raw materials such as iron ore or grains; tankers transport crude or refined oil and liquefied natural gas while container ships carry manufactured products to consuming countries' markets. Essential as they are, growing lengths and draughts are constantly requiring more maneuvering spaces and deeper channels, and thus a greater dredging effort [8]. These investments are required to face new market requirements in a globalisation view.

Bibliografia

- [1] COM(2012) 494, European Commission, September 2012.
- [2] **Niavis S., Papatheochari T., Kyratsoulis T., Coccoisis H.**, Revealing the potential of maritime transport for 'Blue Economy' in the Adriatic-Ionian Region, Case Studies on Transport Policy, no 5, 2017;
- [3] **Kathijotes N.**, Keynote: Blue economy - environmental and behavioural aspects towards sustainable coastal development, Procedia Social and Behavioral Sciences, 2013;
- [4] **Kildow J.T., McIlgorm A.**, The importance of estimating the contribution of the oceans to national economies, Marine Policy, 34, 2010;
- [5] **UNEP**, Barcelona Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols, 2005;
- [6] **Banister D., Berechman, Y.**, The economic development effects of transport investments, Paper presented at the TRANS-TALK Workshop, Brussels, 2000;
- [7] **Venezia E.**, "Transport investments: are they crucial for the economic system?", International Journal of Engineering Management and Economics, vol. 2, no. 4, 2011;
- [8] **Duda de Oliveira D., Rojasb E. G., dos Santos Fernandez M.A.**, Should TBT continue to be considered an issue in dredging port areas? A brief review of the global evidence, Ocean and Coastal Management no. 197, 2020.

AIR QUALITY

EMISSIONI ODORIGENE: DALLE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO ALLE NUOVE STRATEGIE DI CONTROLLO

Ormai alla decima edizione, il convegno sulle emissioni odorigene di Ecomondo rappresenta un evento di riferimento per la comunità degli operatori del settore. La ricerca scientifica, i produttori di tecnologie, le politiche della pubblica amministrazione e le esperienze degli enti di controllo si confrontano e si contaminano su un tema che sta assumendo negli ultimi anni sempre maggior rilevanza nella programmazione ambientale degli insediamenti industriali.

La sessione presenta un aggiornamento sui lavori dei comitati tecnici nazionali ed internazionali per la normazione, con contributi dei principali enti pubblici di ricerca che operano su questo fronte, la presentazione di casi studio e buone pratiche da parte delle amministrazioni pubbliche, degli enti di controllo e delle imprese che sviluppano tecnologie sul tema.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo, ISPRA, Società Chimica Italiana, Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali**

Presidenti di sessione:

- Gianluigi de Gennaro, *Università degli Studi di Bari Aldo Moro*
- Lucia Muto, *ISPRA*
- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*

Electronic noses for the real time assessment of odour concentration: example of the monitoring of odour emissions from a landfill

*Carmen Bax carmen.bax@polimi.it, Beatrice Julia Lotesoriere, Laura Capelli
Politecnico di Milano, Milano*

Riassunto

I nasi elettronici (o IOMS) rappresentano l'unico strumento disponibile per il monitoraggio continuo degli odori, consentendo la valutazione diretta dell'impatto olfattivo, anche in caso di sorgenti complesse. Un'interessante prospettiva di sviluppo degli IOMS è il monitoraggio real-time del processo. A tal fine, l'IOMS deve essere in grado di fornire una misurazione continua, rapida e accurata della concentrazione di odore. L'approccio attualmente utilizzato per la quantificazione degli odori mediante IOMS prevede la costruzione di modelli di regressione semplificati, che non considerano la classificazione. Tali modelli sono spesso inefficaci: le risposte dell'IOMS a campioni odoriferi aventi la stessa concentrazione, ma rappresentativi di sorgenti diverse, possono differire in modo significativo. Il presente lavoro descrive un caso studio riguardante l'applicazione di due IOMS al monitoraggio degli odori da una discarica. Il lavoro è incentrato sullo sviluppo di un nuovo modello per la stima della concentrazione al confine di impianto, basato sulla costruzione di modelli di regressione specifici per le varie sorgenti odorigene della discarica, e il protocollo sperimentale adottato per l'addestramento e la verifica prestazionale in campo.

Summary

Electronic noses currently represent the only tool available for the continuous monitoring of odours, enabling the direct assessment of the odour impact, even in case of complex odour sources. An interesting development perspective of IOMS is real-time process monitoring. For this purpose, the IOMS must provide a continuous, fast and accurate measurement of the odour concentration. The approach that is currently used for odour quantification by IOMS involves the construction of simplified regression models, which do not consider the odour class previous to regression. Consequently, such models are often ineffective: IOMS responses to odorous samples having the same concentration, but representative of different sources, may differ significantly. The present work describes a case study regarding the application of two IOMS to the monitoring of odours from a landfill. The work focuses on the development of a new approach for the estimation of odour concentration by IOMS at the plant fence line, based on the construction of specific regression models for the various landfill odour sources, and describes the experimental protocol involved for e-nose training and performance verification in the field.

1. Introduction

Electronic noses currently represent the only tool available for the continuous monitor-

ing of odours [1-3], enabling the direct assessment of the odour impact, even in case of complex odour sources [4]. These include landfills, for which traditional “hood” sampling methods have already been proven ineffective for measuring methane and/or odour fluxes [5]. In such cases, the capability of electronic noses to characterize ambient air without requiring a minute characterization of the odour source [6] becomes particularly useful, and several examples of applications have been described in the recent scientific literature [4, 7-8]. In general, e-noses are installed at receptors to provide a continuous characterization of ambient air. The qualitative information collected during the monitoring period are generally used to assess the detection frequency of odours from the plant under exam, which can be interpreted as the odour impact at the specific monitoring site. This also allows to identify the most critical odour sources. An interesting development perspective of IOMS is the possibility of using them for the real-time monitoring of emission at the plant fenceline, thereby setting “warning” thresholds to promptly identify plant malfunctions and thus intervene to limit odour emissions that might result in odour events at the receptor. Some scientific papers have already proposed the adoption of IOMS for odour quantification [9-11]. However, the most common approach used for building quantification models for e-noses involves simplified regression algorithms, which neglect the classification of the detected odours. Consequently, such models are often poorly accurate, since the responses of IOMS to odorous samples having the same odour concentration, but representative of different sources, may differ significantly. This paper proposes a new approach for the estimation of odour concentration by IOMS, which is based on specific regression models for each odour source of the plant under examination and involves as first step the classification of unknown samples. To do this, this paper describes a case study related to the monitoring of odours from a landfill carried out by two e-noses, i.e. the WT1 (RUBIX) and the EOS507F 8SACMI, installed at plant fenceline and a receptor.

2. Materials and Methods

2.1. Electronic noses

Two e-noses were used for the present work. The EOS507F is equipped with 6 MOS gas sensors, and automatic systems for humidity regulation and realization of reference air (non-odorous air) [12].

The WT1 is an outdoor device for fenceline monitoring of odours and air pollutants, equipped with 2 electrochemical cells for H₂S and NH₃, and 4 MOS sensors (i.e. RIX 102-MOS-Amine, RIX 103-MOS-Amine, RIX 104-MOS-Air, RIX 105-MOS-VOC).

2.2. Description of the selected case study

The selected case study entails the monitoring of odours from a landfill for non-hazardous waste. In particular, the two e-noses were used in a complementary way. The EOS507F was installed at a receptor located about 2 km South of the landfill, to analyse the ambient air continuously, detect odours, and recognize their provenance. The WT1 was installed at the landfill fenceline along the same direction to detect, classify and quantify odours, with the purpose of confirming the EOS507F detections at the receptor, and explore the possibility to identify “warning” odour concentrations levels at the fenceline, which might be associated with odour events at the receptor. The choice of the monitoring sites was based on the analysis of meteorological conditions of the area, which highlighted the existence of a prevalent wind blowing from North to South, thus favouring the detection of odours from the landfill at the receptor. The landfill monitoring lasted about 20 days.

2.3. E-nose training

The training consists in the creation of the Training Set (TS), which will be used by the IOMS as a reference for the classification of the ambient air that is analysed at the receptor and at the fenceline, and the estimation of the odour concentration at the fenceline [4]. For the specific case, the training involved the collection of samples representative of the main landfill odour sources, which are: the fresh waste disposal and pre-treatment, the landfill gas emitted from the landfill surface, and the leachate collection tanks [13,14]. Then, samples were presented to the e-noses for building the TS. The olfactometry campaigns were carried out in different days, with the purpose of including in the TS the intrinsic variability of the landfill odour sources. Samples collected at the sources were characterized by means of dynamic olfactometry [15] to determine their odour concentration and to evaluate the dilution factors to be applied before presenting the samples to the IOMS to build the training set (TS). Based on their odour concentrations, landfill samples were diluted and presented to the e-noses at increasing odour concentrations to assess the Lower Detection Limit (LDL) towards the main landfill odours [4]. The combination of the instrument LDL and the characteristics of the monitoring sites (i.e., the distance from the odour sources) allowed to define the odour concentration ranges to be considered for training the instruments. Table 1 summarizes the LDL towards landfill classes of WT1 and EOS507F and the concentration ranges of the samples considered for the TS.

| Odour class | WT1 | | EOS507F | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | LDL (ou _E /m ³) | Odour concentration range (ou _E /m ³) | LDL (ou _E /m ³) | Odour concentration range (ou _E /m ³) |
| <i>Fresh Waste</i> | 80 | 80 – 8000 | 30 | 30 – 260 |
| <i>Landfill Gas</i> | 70 | 70 – 5800 | 20 | 20 – 350 |
| <i>Lecheate</i> | 80 | 80 – 600 | 50 | 50 - 430 |

Tab. 1 – Lower Detection Limit (LDL) and odour concentration range of the TS of the two instruments involved

The WT1 LDL turned out to be about 80 ou_E/m³. Therefore, the WT1 is suitable for monitoring landfill odour emissions at the fenceline, where odour concentrations lower than 100 ou_E/m³ are hardly found. Conversely, the EOS507F LDL turned out to be lower than 30 ou_E/m³. Thus, it can be effectively installed at the receptor, located at about 2 km South the landfill, where low odour concentrations are expected. Also non-odorous ambient air samples collected at the monitoring sites were analysed to define the “Air” class [4]. Data relevant to training samples were processed by PCA to explore the structure of the dataset, and obtain a graphic visualization of the e-noses discrimination capability between the different landfill classes. Further, classification models to be used for the classification of odours detected at the monitoring sites were built: a k-NN and SW linear algorithms were used respectively for the WT1 and EOS507F datasets. For the WT1, also a quantification model was built. Differing from the most common approach implemented in commercial e-noses, the proposed model consists of two steps, involving first the classification of detected odours and, then, the estimation of odour concentration based on the Partial Least Squares regression (PLS) model built for the class to which the odour has been attributed. Thus, the quantification model consists of four PLS - one for each landfill odour class - which were implemented considering the responses of both MOS and specific H₂S and NH₃ sensors to landfill odour samples at increasing concentrations.

2.4. Field performance testing

After the installation of the e-noses at the monitoring sites, performance tests were carried out in the field to verify the e-noses capability to detect and classify odours from the landfill under investigation. New samples independent from the TS were sampled at the emissions sources, and analysed by dynamic olfactometry [4]. The odour concentration measured by dynamic olfactometry were used to determine the dilution factors needed to obtain samples at different concentration levels, within the concentration range considered for the training. Then, the samples were presented to the e-noses by alternating diluted odour samples at different concentrations to odourless ambient air samples, in order to simulate the odour events that might occur at receptors or plant fence-line. The range of the odour concentrations of samples used for performance testing are reported in Table 2.

| | Odour concentration range of field test samples (ou _e /m ³) | |
|--------------|--|----------|
| Odour class | WT1 | EOS507F |
| Landfill gas | 43 - 2900 | 25 - 165 |
| Fresh waste | 20 - 4000 | 27 - 164 |
| Leachate | 51 - 600 | 25 - 175 |

Tab. 2 – Odour concentration ranges of the odour samples used for field performance testing

The analysis of landfill samples in the field allowed to verify the LDL determined during the training phase, and assess the instruments capability to detect and classify landfill odours. The detection and classification performances were expressed in terms of accuracy indexes, respectively $AI_{\text{detection}}$ and $AI_{\text{classification}}$ [4]. Moreover, field performance testing involved the assessment of the IOMS Lower Classification Limit (LCL), representing the lowest odour concentration at which the IOMS is capable of correctly classifying the odour sample [4]. Performance testing involved also the verification of the WT1 capability to provide a reliable estimation of the odour concentration at the landfill fence-line. This verification was carried out by comparing the odour concentrations of field samples estimated by the IOMS with the real concentration determined by dynamic olfactometry. In this phase, the novel quantification model proposed in this paper was compared with a quantification model built neglecting sample classification, with the purpose to investigate the effect of the inclusion of a classification step prior to quantification on the precision of the model.

Odour impact assessment

The assessment of the odour impact of an industrial activity requires the estimation of the odour exposure at the receptor. In the case of IOMS monitoring, the odour impact is expressed as the frequency with which the IOMS, installed at the receptor, detects the presence of odours attributable to the plant under investigation. The acceptability of the odour impact assessed by the IOMS can be evaluated referring to the German guideline “GIRL—Geruchsimmission-Richtlinie” dated 13 May 1998 [16]. All data recorded during the monitoring period were processed by classification models built on the training samples, in order to provide a qualitative characterization of e-noses detections at the monitoring sites. The EOS507F detections, used to directly estimate the landfill odour impact at the receptor, were validated by evaluating them in combination with wind speed and direction relevant to the monitoring period. Indeed, the EOS507F detections of landfill odours occurring when the wind had an incompatible direction with the location of the receptor were considered as false positives, and excluded. As further validation step, the EOS507F detections were compared with the WT1 responses. When the EOS507F registered the presence of odours from the landfill at the receptor, then also the WT1 was expected to register the presence of odour at the plant fence-

line [8]. After validation, the frequency over the monitoring period with which the EOS507F attributed the analysed air to landfill odour sources was assessed.

3. Results

Field performance testing

The results of the field tests carried out at the plant fenceline confirmed the LDL determined in the training phase. The WT1 proved to be capable to detect and correctly classify landfill samples having an odour concentration above the LDL (Table 1). Thus, the LCL towards landfill odour sources coincides with the LDL. Concerning the classification performance, the WT1 proved to be capable to detect landfill odours with an $AI_{\text{detection}}$ of 96%, and to distinguish the different landfill classes with an $AI_{\text{classification}}$ of 92%. Referring to the limit value of 70% established by the VDI 3518-3:2018, the achieved $AI_{\text{classification}}$ proved a good performance of the WT1 in terms of classification accuracy. Furthermore, field tests at fenceline focused on the verification of the WT1 odour quantification performance, with the purpose of evaluating the possibility to use the IOMS as fast and cheap tool for the continuous assessment of the odour concentration in ambient air. Therefore, the odour concentration of field tests samples determined by dynamic olfactometry was compared with the WT1 estimation based on the quantification model “A”, developed in the training phase (Figure 1).

Figure 1 highlights that, for almost all landfill samples presented to the instrument for quantification performance testing, the odour concentration estimated by the WT1 is within the confidence interval of the olfactometric measurement. Only for two landfill gas samples, which were misclassified as “Fresh Waste” samples, the estimated odour concentrations fall out of the confidence interval relevant to dynamic olfactometry. These satisfactory quantification results highlight the need of using sample classification as input for the construction of effective quantification models. Indeed, the analysis of samples, having the same odour concentration, but collected at diverse sources, may result in very different e-nose odour fingerprints and signal amplitudes. For the purpose of verifying this aspect, field tests were processed also by a second quantification model (“B”), involving only one PLS regression, without considering sample classification prior to quantification. In general, model B overestimated the odour concentration, especially in the case of fresh waste samples (Figure 2). Moreover, all the estimated concentrations are very close to the median concentration of samples involved, i.e. about 1000 ou_e/m^3 . This proves that quantification models built without first considering the sample class are imprecise, and cannot be used for an effective real-time monitoring of odour concentration at the fenceline.

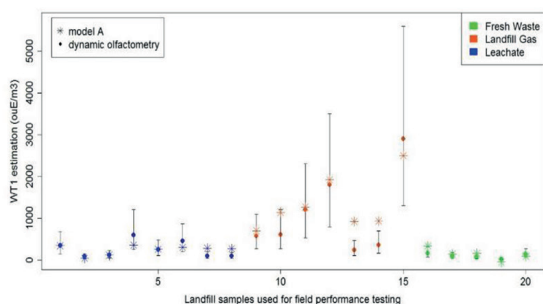


Fig. 1 – Comparison of the odour concentration by quantification model A and dynamic olfactometry

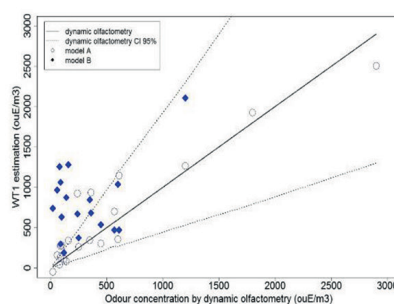


Fig. 2 – Comparison of quantification models A and B

Field tests confirmed also the EOS507F LDL towards landfill odours determined during the training phase, proving the instrument capability to correctly classify landfill samples having an odour concentration very close to the LDL (Table 1). Concerning the EOS507F classification performance, $AI_{\text{detection}}$ and $AI_{\text{classification}}$ of respectively 95% and 91% were determined. Given the very low concentrations of the samples, representative of typical of receptor conditions, these results are indicative of a very good performance of the Sacmi EOS507F in terms of classification accuracies, thus proving it as an effective tool for monitoring odour emissions from landfills.

Monitoring results & Odour impact assessment

As already mentioned, the landfill odour impact at a receptor can be directly assessed by one IOMS installed where the odour presence is lamented, in terms of the frequency of odour detections attributable to the plant under investigation over the monitoring period. However, the present case study proposes the adoption of two e-noses, differing in hardware and performances, to be installed at receptor and landfill fenceline, respectively. The aim of this approach was to combine the classification provided by the EOS507F at the receptor during the monitoring with the information collected by the WT1 at the fenceline. In particular, besides validating IOMS detections at the receptor and provide a reliable assessment of the odour impact, the study investigated the possibility to involve IOMS at plant fenceline to operate a real-time process monitoring. Given the higher concentration levels and the lower probability to deal with interfering odour sources at the plant fenceline than at receptors, an IOMS monitoring at the plant fenceline should theoretically be “easier” than at receptor. Thus, an IOMS installed at the plant fenceline should be able to provide a more precise estimation of the odour concentration, which could be used to set “warning” thresholds in order to promptly identify plant malfunctions that might result in odour events at the receptor. In this case, the EOS507F detected odours attributable to landfill gas and fresh waste odours for 2.6% and 2.7% of the monitoring, respectively. For 1.3% of the monitoring period the e-nose detected odours that were classified as “unknown”. Those “unknown” detections occurred under favourable weather conditions (i.e. wind blew from north to south) were not excluded, since the classification of an odour as “unknown” does not necessarily exclude the possibility that it comes from the landfill, but just that it does not belong to any of the odour classes considered during the training. In conclusion, the odour impact at the receptor resulted in 6.6%, which can be considered acceptable according to the GIRL. With the purpose of evaluating the possibility to identify specific thresholds for the odour concentrations at fenceline that might result in odour events at the receptor, the odour events at the receptor attributed to the landfill were investigated in combination with the information (classification and concentration) provided by the WT1 installed at fenceline (Figure 3).

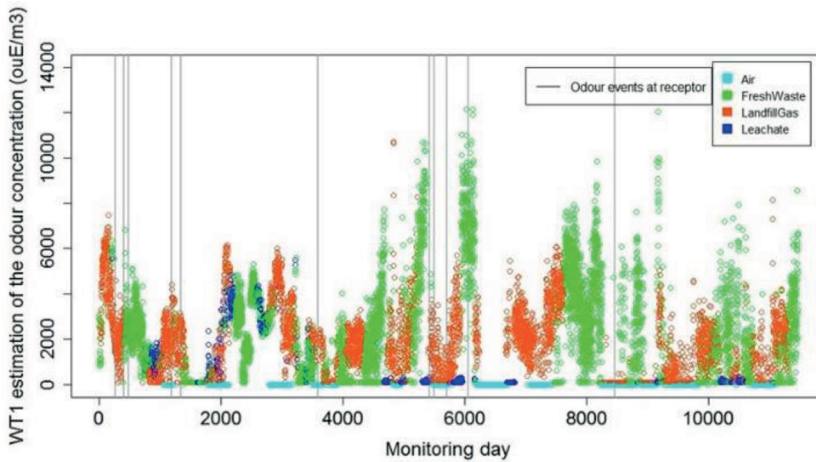


Fig. 3 – Odour concentrations estimated at the fenceline during the monitoring period

The comparison highlighted the existence of a correlation among the detections of high odour concentrations at the fenceline and the occurrence of odour episodes attributable to the landfill at the receptor. In particular, everytime an odour event attributable to the landfill was registered at the receptor, the odour concentration at the fenceline was above 1000 ou_E/m^3 . Detections of “unknown” odours at the receptor occurred when the WT1 detected the presence of odours attributable to more than one landfill source (i.e., oscillation among “Fresh waste” and “Landfill gas” odours) and the odour concentration at the fenceline was lower than 700 ou_E/m^3 . In that cases, probably the odours reaching the receptor were mixed and hardly distinguishable, giving that the EOS507F was not capable to attribute them to any of the landfill sources considered during training. These results proved the possibility to use the measurement of odour concentration at the fenceline to operate a continuous process control. However, there were several situations in which the odour concentration at the fenceline was above 1000 ou_E/m^3 , without resulting in the detection of odours at the receptor. Thus, the investigation carried out within this study also highlights the need to combine to information provided by the IOMS at the fenceline with the specific meteorological conditions, and especially wind direction and atmospheric stability class, in order to improve the correlation between odour concentration measurements at the plant fenceline and the probability of occurrence of odour events at receptor.

4. Conclusion and future outlook

This paper presents the odour monitoring of a landfill performed by two different IOMS installed at a receptor and at landfill fenceline, respectively. The results obtained prove the possibility to use IOMS not only for providing a qualitative characterization of ambient air at monitoring sites, but also an accurate real-time estimation of the odour concentration at the landfill fenceline. This real-time estimation could be used to identify “warning” concentration thresholds, which should be based on the consideration of the specific meteorological conditions of the monitoring site.

References

- Bax,C.; Sironi, S.; Capelli, L. How can odors be measured? An overview of methods and their applications. *Atmosphere* 2020, 11, 92.
- Capelli, L.; Dentoni, L.; Sironi, S.; Del Rosso, R. The need for electronic noses for environmental odour exposure assessment. *Water Sci. Technol.* 2014, 69, 135–141.

Cipriano, D.; Capelli, L. Evolution of electronic noses from research objects to engineered environmental odour monitoring systems: A review of standardization approaches. *Biosensors* 2019, 9, 75

Bax, C.; Sironi, S.; Capelli, L. Definition and application of a protocol for electronic nose field performance testing: example of odour monitoring from a tire storage area. *Atmosphere* 2020, 11, 426.

Lucernoni, F.; Capelli, L.; Sironi, S. Comparison of different approaches for the estimation of odour emissions from landfill surfaces, *Waste Management* 2017, 63, 345-353.

Capelli, L.; Dentoni, L.; Sironi, S.; Del Rosso, R. The need for electronic noses for environmental odour exposure assessment. *Water Sci. Technol.* 2014, 69, 135-141.

Milan, B.; Bootsma, S.; Bilsen, I. Advances in odour monitoring with E-Noses in the Port of Rotterdam. *Chem. Eng. Trans.* 2012, 30, 145-150.

Bax, C.; Li Voti, M.; Sironi, S.; Capelli, L. Application and performance verification of electronic noses for landfill odour monitoring. In Proceedings of the Sardinia 2019, Santa Margherita di Pula (Cagliari), Italy, 30 September-4 October 2019; CISA Publisher: Padova, Italy, 2019; ISBN 9788862650144, ISSN 2282-0027.

Hu, E.L.; Babcock, S.E.; Bialkowski, S.B. Tuller, J.; Tuller, M. Methods and techniques for measuring gas emissions from agricultural and animal feeding operations. *Crit Rev Anal Chem* 2014,44(3): 200-219.

Cangialosi, F.; Intini, G.; Colucci, D. On line monitoring of odour nuisance at a sanitary landfill for non-hazardous waste. *Chem. Eng. Trans.* 2018, 68, 127-132.

Deshmukh, S.; Purohit, H.J.; Vaidya, A.N.; Romain, A. MSW odor quantification using electronic nose and chemical analyzers: Relative exploration of prediction capabilities and robust model development. In 2017 ISOCS/IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), Montreal, QC, 2017, pp. 1-3.

Eusebio, L.; Capelli, L.; Sironi, S. Electronic Nose Testing Procedure for the Definition of Minimum Performance Requirements for Environmental Odor Monitoring. *Sensors* 2016, 16, 1548.

Romain, A.C., Delva, J., Nicolas, J. Complementary approaches to measure environmental odours emitted by landfill areas. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2008, 31, 18-23.

Davoli, E., Gangai, M.L., Morselli, L., Tonelli, D. Characterisation of odorants emissions from landfills by SPME and GC/MS. *Chemosphere* 2003 51, 357-368.

CEN. EN 13725:2003. Air Quality-Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry; CEN: Brussels, Belgium, 2003.

LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz): Geruchsimmissionen—Richtlinie: GIRL—Odour Emissions Guidelines); Ministry of Environment, Environmental Planning, and Agriculture of the State Nordrhein-Westfalen: Berlin, Germany, 1998.

Emissioni diffuse: l'implementazione di metodi di calcolo per la stima di emissione da serbatoi di stoccaggio

*Marzio Invernizzi marzio.invernizzi@polimi.it, Luca Roveda, Selena Sironi,
Politecnico di Milano*

Riassunto

All'interno dell'ultima bozza delle BREF WGS (Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector), è riportata una BAT conclusion ove si impone agli impianti una verifica sperimentale di campo della stima di emissioni di COV, effettuata tramite modelli di calcolo, provenienti da serbatoi di stoccaggio. Al fine di ottenere misure confrontabili si renderà necessario conoscere tutti gli strumenti a disposizione, sia di calcolo, sia di misura, al fine di ottenere modellazioni e misure il più accurate possibile.

Summary

Within the latest draft of the BREF WGS (Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector), a new BAT conclusion is reported. It requires the plants to carry out an experimental field verification of the estimation of VOC emissions, obtained by numerical models, from storage tanks. In order to obtain comparable measurements, it will be necessary to know all the tools available, both for calculation and for measurement, in order to obtain the most accurate modelling and measurements possible.

1. Introduzione

Il presente lavoro sviluppa una serie di considerazioni riguardanti la gestione delle emissioni diffuse di COV (Composti Organici Volatili) secondo quanto in discussione all'interno dei lavori di revisione delle BREF WGS (Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector) [1]. In particolare, sebbene la BAT Conclusion 20 della attuale bozza di documento prescriba, come ormai invalso nel settore, il monitoraggio annuale tramite stima computazionale delle emissioni di COV, la BAT 22 aggiunge invece la prescrizione di una misura per la quantificazione dei flussi emissivi provenienti da emissioni non fuggitive, da effettuarsi ogni cinque anni.

Nel dettaglio, la detta BAT propone l'utilizzo di metodi di misura normati EN e, in loro assenza, un metodo comunque normato ISO o nel rispetto di standard nazionali o internazionali, che fornisca dati di qualità scientifica equivalente.

Essendo disponibili dei metodi EN per la "misura" soltanto per le emissioni fuggitive di COV, obiettivo del presente lavoro di ricerca è quello di fornire informazioni riguardo alla stima delle emissioni diffuse da serbatoi seguendo due tematiche che saranno oggetto di indagine:

- i sistemi per la stima emissiva, secondo modellazione termodinamica;
- i sistemi di quantificazione grazie a misura diretta di campo delle emissioni da serbatoi.

2. Modellazione termodinamica (e.g. US EPA TANKS)

2.1 Analisi Teorica Degli Algoritmi Di Calcolo Alla Base Della Stima Delle Emissioni

Le procedure per il calcolo delle emissioni provenienti da serbatoi di stoccaggio di idrocarburi, secondo le BREF REF (Refining of Mineral Oil and Gas) [2] the industries concerned, non-governmental organisations promoting environmental protection, and the Commission, to draw up, review, and where necessary, update BAT reference documents as required by Article 13(1), rappresentano l'unico metodo stabile e ripetibile per la stima delle emissioni diffuse da serbatoi. Altre tecnologie, quali OGI (Optical Gas Imaging) e DIAL (Differential Absorption LIDAR) presentano, come riportato nella Tabella 3.96 del documento citato, delle difficoltà dovute a tarature per quantificazioni poco affidabili e la possibilità di interferenze con le sorgenti nelle vicinanze.

Per la definizione delle procedure di calcolo, è invalso l'utilizzo delle correlazioni riportate nel protocollo americano US EPA "AP-42: Compilation of Air Emissions Factors". In particolare il Capitolo 7 "Liquid Storage Tanks" [3], fornisce una serie di correlazioni basate su considerazioni termodinamiche, chimico-fisiche, gestionali e di bilancio di massa, volte alla descrizione quantitativa dei fenomeni responsabili dell'evaporazione dei liquidi organici stoccati in serbatoi, e infine alla definizione dei meccanismi che ne causano l'emissione in atmosfera. Il detto protocollo ha subito, nel corso del tempo, una serie di migliorie e revisioni, che hanno permesso di affinare le capacità del calcolo e risolvere una serie di limitazioni e approssimazioni intrinseche nei calcoli.

La versione più diffusa e utilizzata del documento è quella datata settembre 2006, soprattutto in funzione del fatto che teoricamente il software freeware TANKS 4.0.9d, rilasciato dalla stessa US EPA [4] dovrebbe implementare le correlazioni riportate nel documento citato. Purtroppo, oltre a una serie di limitazioni di compatibilità con i sistemi operativi più recenti, che ha portato l'agenzia americana a non fornire più assistenza, lo strumento di calcolo porta con sé una serie di considerazioni chimico-fisiche mal poste che ne possono pregiudicare l'affidabilità.

Il modello di simulazione TANKS 4.0.9d è un modello di calcolo basato su una serie di dati di input e correlazioni semiempiriche.

In Fig. 1 si riporta uno schema input-output del software.

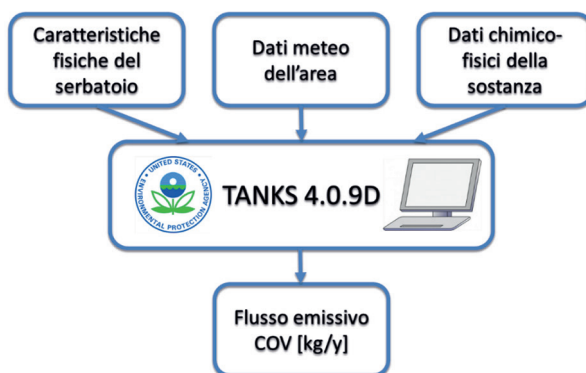


Fig. 1 – Schema input – output del software di simulazione US EPA TANKS 4.0.9d

Come ogni modello matematico basato su considerazioni fisiche, oltre all'incertezza intrinseca delle ipotesi e delle correlazioni al suo interno, risente anche dell'incertezza (ed eventualmen-

te dei bias) dei dati di input ad esso necessari. Di seguito è riportato il dettaglio dei dati di input necessari.

Come si può intuire alcuni parametri sono di facile reperibilità (e.g. diametro, volume del serbatoio), alcuni hanno delle parametrizzazioni definibili come default (e.g. buona qualità della vernice) mentre per altri la caratterizzazione risulta particolarmente complessa. In particolare, si rende necessario porre attenzione ai parametri meteorologici, di movimentazione e chimico-fisici.

2.2 *Trattazione Dati Meteo*

Per quanto concerne in particolare i serbatoi a tetto galleggiante, i dati meteorologici sono centrali per il calcolo dei flussi emissivi di COV.

Il protocollo AP-42 utilizza dei dati mediati su lunghi step temporali (e.g. 1 anno o 1 mese) e fornisce a tal proposito una serie di parametri tipici per differenti aree geografiche americane. Nel caso di una valutazione di misura diretta, da confrontarsi con la stima effettuata dal software, si renderà invece necessario effettuare una serie di considerazioni meteorologiche (relative al sito di interesse) e metrologiche (relative alla misurazione) volte all'ottenimento di dati il più possibile rappresentativi per la descrizione del fenomeno in esame.

2.3 *Dati Chimico-Fisici Rappresentativi*

Oltre alla caratterizzazione del serbatoio e della meteorologia del sito, è di vitale importanza, per la stima accurata delle emissioni da serbatoi, la caratterizzazione chimico-fisica del taglio stoccato.

In particolare l'EPA propone una libreria di tagli rappresentativa utilizzabile per queste stime. D'altra parte i tagli riportati sono rappresentativi soltanto di una parte dei composti che normalmente vengono stoccati in serbatoi, e soprattutto i dati disponibili sono legati a industrie di raffinazione più che a industrie petrolchimiche.

Inoltre, i dati disponibili nella libreria di TANKS 4.0.9d, oltre ad essere discreti (non è disponibile una curva o una correlazione ma soltanto dati puntuali), non sono in grado di calcolare la tensione di vapore dei composti indagati al di sopra dei 100 °F (37 °C), rendendo stime poco affidabili ove la temperatura di stoccaggio superasse questa soglia.

Tale limitazione viene superata con l'inserimento di alcune correlazioni temperatura dipendenti per la tensione di vapore di diversi composti nella più recente versione del capitolo 7 [5].

D'altra parte i pesi molecolari rappresentativi della fase vapore di questi composti vengono mantenuti costanti. A causa della presenza di diversi composti in miscela la composizione della fase vapore in equilibrio con il liquido stoccato appare invece essere pesantemente dipendente dalla temperatura di stoccaggio: di conseguenza il peso molecolare della fase vapore sarà anch'esso funzione della temperatura.

Al fine di effettuare delle stime di accuratezza accettabile da confrontare con una misura di campo si renderà quindi necessario effettuare una serie di considerazioni e sperimentazioni di laboratorio, volte alla quantificazione della densità dei vapori di COV, esprimibile in g/m³, per le categorie di interesse stoccate nei siti oggetto di autorizzazione legata alle nuove BREF e soprattutto stimarne la dipendenza in funzione della temperatura.

3. **Misura Di Campo Del Flusso Emesso Di COV**

3.1 *Analisi Teorica Dei Sistemi Di Misura Di Campo Disponibili*

La stessa bozza di documento BREF [1] citata, indica le tecniche di misurazione a distanza (Optical Remote Sensing – ORS), come sistemi consigliati per la misura di campo di emissioni

di COV. Queste vengono tipicamente progettate e utilizzate per misurare concentrazioni e, se abbinate ai dati meteorologici e orografici, consentono il calcolo dei flussi di massa degli inquinanti sottovento delle fonti di emissione fuggitive e diffuse. D'altra parte queste tecniche sono notoriamente suscettibili di una serie di instabilità e interferenze.

In particolare, in Sezione 4.4.2, vengono citati i metodi:

- DIAL (DIfferential Absorption LIDAR)
- OGI (Optical Gas Imaging)
- SOF (Solar Occultation Flux)

Di seguito verranno brevemente descritti nel dettaglio.

3.2 DIAL

La tecnologia alla base di questa tecnica è quella LIDAR (Light Detection and Ranging) e opera secondo gli stessi principi di un radar, ma impiega la luce al posto delle onde radio. Nel caso specifico del DIAL, l'assorbimento differenziale di due diverse lunghezze d'onda, ON ed OFF: esse vengono fortemente assorbite (ON) e debolmente assorbite (OFF) dalle molecole gassose verso le quali sono indirizzate. Valutando la quantità di radiazione assorbita e quella che invece viene retrodiffusa, è possibile effettuare una misurazione delle sostanze aerodisperse. Il tempo con cui le radiazioni vengono assorbite/retrodifuse permette invece di determinare la posizione delle molecole indagate [6].

Il sistema DIAL fornisce quindi una misura della concentrazione risolta spazialmente lungo il percorso specificato in finestre temporali contenute (i.e. 3000 m e 10-15 min). Più scansioni a distanza ravvicinata vengono spesso eseguite su una sezione trasversale di un pennacchio per produrre mappe del pennacchio concentrazione. Abbinando questi dati a quelli meteorologici è quindi possibile stimare il flusso emissivo del composto oggetto di indagine.

3.3 OGI

La tecnologia dell'Optical Gas Imaging (OGI) è basata sull'utilizzo di una termocamera IR applicata alla visualizzazione delle emissioni gassose sulla base di due possibili approcci, uno attivo ed uno passivo. Tutto ciò che presenta una temperatura superiore a 0 K produce radiazioni elettromagnetiche: una camera IR crea delle immagini basandosi su assorbimento/emissione di raggi IR caratteristici delle specie chimiche che si trovano all'interno del suo campo visivo [7].

Questa tecnica permette di visualizzare emissioni provenienti anche da sorgenti difficili, se non impossibili, da raggiungere mediante l'impiego di altre tecniche, rendendola quindi un utile strumento per l'individuazione di perdite localizzate di idrocarburi (smart LDAR), in abbinamento alle classiche tecniche di sniffing.

È disponibile un'implementazione quantitativa della tecnologia OGI, chiamata per l'appunto QOGI (Quantitative Optical Gas Imaging). Alcuni risultati in letteratura appaiono promettenti [8], ma d'altra parte sono centrali le considerazioni da effettuare sulla differenza di temperatura tra aria di background e gas emesso, i Response Factors per le varie specie chimiche e le interazioni con altre molecole IR-visibili, quali CO₂ e acqua.

3.4 SOF

La tecnica SOF prevede l'impiego di tecnologie spettroscopiche per speciare e quantificare direttamente i composti chimici presenti in un pennacchio gassoso emesso da una sorgente utilizzando una spettrometria FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometry) per aumentare la sensibilità e la selettività della misura [9].

La fonte di luce impiegata è la radiazione solare (una sorgente a banda larga), che permette di ridurre complessità della strumentazione da collocare in campo e mettendo a disposizione un

ampio range di lunghezze d'onda esaminabili. Ciò permette di rilevare molteplici composti anche simultaneamente, che risultano però difficili da ricondurre ad una specifica sorgente qualora i contributi di molteplici punti emissivi interagiscano tra loro (determinanti i contributi di velocità e direzione del vento).

Inoltre, l'utilizzo del sole come sorgente luminosa impone l'impiego di un tracciante solare per condurre tutte le misure con il sole allo zenith rispetto alla strumentazione, rendendo la gestione del posizionamento e delle vibrazioni piuttosto complessa. Ai fini della quantificazione dei flussi emissivi gassosi di una sorgente è infine necessario indagare la totalità del pennacchio, spostandosi trasversalmente ad esso.

Le misurazioni SOF vengono effettuate perpendicolarmente alla direzione del vento e sottovento (tra 0.5 e 3 km) dalla sorgente. La concentrazione totale delle specie indagate lungo il pennacchio viene ottenuta integrando tutte le concentrazioni medie rilevate durante le analisi dello stesso e correlandole col dato meteorologico.

4. Considerazioni finali

Come appare da questa breve descrizione, tutte queste tecniche innovative evidenziano una serie di potenzialità utili alla definizione dei flussi emissivi di COV; d'altra parte ogni tecnologia porta con sé una serie di difficoltà e rischi. Al fine di poter confrontare in maniera efficace i dati simulati da software termodinamici con quelli misurati da innovative tecniche ottiche sarà necessario conoscere nel dettaglio i funzionamenti di entrambe le tipologie di strumenti, ridurre al minimo le ipotesi semplificative o ottimizzare l'accuratezza di ogni singola misura di input a ogni sistema.

Bibliografia

- [1] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector - Draft 1 (November 2019). 2019.
- [2] European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas. 2015. doi:10.2791/010758.
- [3] U.S. EPA. Emission Factor Documentation for AP-42 Organic Liquid Storage Tanks Final Report. 2006.
- [4] US EPA. User's guide to TANKS Storage Tank Emissions Calculation Software Version 4.0. 1999.
- [5] U.S. EPA. Emission Factor Documentation for AP-42 Organic Liquid Storage Tanks Final Report. 2020.
- [6] Weibring P, Edner H, Svanberg S. Versatile mobile lidar system for environmental monitoring. *Appl Opt* 2003;42:3583–94. doi:10.1364/AO.42.003583.
- [7] Misco E V, Wright NA. Developing a chemical-imaging camera. *Ind Phys* 2003;9:29–32.
- [8] Concawe. An evaluation of an optical gas imaging system for the quantification of fugitive hydrocarbon emissions. 2017.
- [9] Mellqvist J, Samuelsson J, Johansson J, Rivera C, Lefer B, Alvarez S, et al. Measurements of industrial emissions of alkenes in Texas using the solar occultation flux method. *J Geophys Res* 2010;115:1–13. doi:10.1029/2008jd011682.

Tecnologia Rebiosov per abbattimento odori

Alessandro Panza, a.panza@precoitalia.it, Ivana Moscato, David Callejo Munoz, Resilco Srl, Dalmine, Pietro Italiano, Costech International, USA

Riassunto

Il sistema REBIOSOV rappresenta la migliore alternativa al biofiltro.

Si tratta di un impianto di assorbimento/desorbimento con post-combustione catalitica. L'aria attraversa un assorbitore mesoporoso in grado di assorbire tutte le sostanze odorifere. Una volta saturo viene rigenerato in loco attraverso un ciclo di desorbimento ad aria calda e le sostanze strippate vengono ossidate su un letto catalitico prima di andare a camino.

I vantaggi di questa nuova tecnologia sono moltissimi, tra questi il più importante è l'ingombro. Il sistema REBIOSOV risulta essere molto compatto anche per grosse portate di gas. Inoltre, ha bassissimi costi di manutenzione e di esercizio ed ha una efficienza maggiore del biofiltro.

Summary

REBIOSOV system represents the best alternative to the biofilter.

It is an absorption / desorption plant with catalytic post-combustion. The air passes through a mesoporous absorber capable of absorbing all odoriferous substances. Once saturated, it is regenerated on site through a hot air desorption cycle and the stripped substances are oxidized on a catalytic bed before going to the chimney.

The advantages of this new technology are many, the most important of which is the footprint. The REBIOSOV system is very compact even for large gas flows. Furthermore, it has very low maintenance and operating costs and has a higher efficiency than the biofilter.

1. Introduzione

Con il sistema Rebiosov si possono assorbire a freddo i composti inquinanti responsabili degli odori ed una volta concentrati possono essere bruciati in condizioni di autosostentamento energetico.

2. Il problema degli odori

È noto che la principale problematica connessa agli impianti di trattamento è l'emissione di odori molesti. La soluzione consolidata al problema dell'abbattimento degli odori è costituita da sistemi di biofiltrazione, che possono talvolta essere accoppiati a scrubber monostadio o multistadio.

Sino ad ora l'efficienza richiesta dei sistemi di abbattimento (biofiltri) in generale doveva consentire il rispetto dei seguenti limiti di emissione.

| | | |
|----------------------------------|--------------------|-----|
| Polveri | Mg/Nm ³ | 10 |
| Composti solforati totali | Mg/Nm ³ | 5 |
| Composti organici azotati totali | Mg/Nm ³ | 15 |
| Ammoniaca | Mg/Nm ³ | 5 |
| Acido solforico | Mg/Nm ³ | 5 |
| Unità odorimetriche | UO/Nm ³ | 200 |

Tab. 1 – *Limiti di emissione*

I limiti elencati in **Tab. 1** sono ottenuti da analisi chimiche svolte secondo i protocolli UNI-CHIM e quelle olfattometriche in conformità alla specifica tecnica comunitaria (prEN13725) e quella svedese (VDI3881)

Le tecnologie di tipo biologico, caratterizzate da ottime rese di abbattimento degli odori Attraverso la riduzione delle concentrazioni di composti odorigeni al disotto delle soglie di percettibilità olfattiva, non sembrano però in grado di contenere con paragonabile efficienza le concentrazioni totali di composti organici volatili (VOC) e l'emissione di bio-aerosol che potrebbero nocivi alla salute umana.

3. Evoluzione normativa

La normativa internazionale in merito alle emissioni da impianti da trattamento rifiuti sta evolvendo rapidamente ed evidenzia la tendenza di imporre oltre al rispetto dei limiti sopraposti anche necessità di contenere le emissioni di VOC e di bio-aerosol.

Germania ed Austria hanno già provveduto ad emettere una normativa nazionale in merito ai VOC (vedi **Tab. 2**) mentre gli organismi di controllo del Regno Unito stanno focalizzando il problema aerosol.

| | GERMANIA | AUSTRIA |
|-------------------|---|----------------------|
| Media giornaliera | 20 mg/m ³ | 20 mg/m ³ |
| Media 30 min | 40 mg/m ³ | 40 mg/m ³ |
| Carico* | 55 g/t | 100 g/t |
| | *Limite di emissione VOC per quantità di rifiuto trattato | |

Tab. 2 – *Normativa nazionale emissioni VOC*

In sede europea è allo studio una direttiva armonizzata sui limiti di emissione VOC da impianti di trattamento rifiuti che presumibilmente ricalcherà quella tedesca. Alcune province della Regione Piemonte hanno imposto un limite di 10 mg/m³ di VOC nei più recenti impianti di trattamento rifiuti.

Tali limiti rappresentano una notevole criticità per le tecnologie esistenti: i biofiltri, lavorando su un principio biologico, sono essi stessi fonte di VOC provenienti dall'attività metabolica a carico dei composti da degradare e dalla matrice ligno-cellulosica di supporto. Gli scrubber, d'altra parte, si dimostrano inadeguati all'abbattimento dei VOC non solubili in acqua.

4. Tecnologie alternative e concorrenti

Esistono tecnologie alternative, mutuata da altri settori industriali, applicabili all'abbattimento dei VOC. Esse si basano principalmente su due principi:

- Adsorbimento su carboni attivi
- Ossidazione termica o catalitica

Le tecnologie proposte si scontrano tutte con problemi di sostenibilità economica. Per i carboni attivi sussiste il costoso processo di rigenerazione, per l'adsorbimento con zeoliti gioca negativamente la scarsa efficienza di adsorbimento delle zeoliti e la complessità impiantistica che di fatto ne fanno una tecnologia scarsamente applicata.

L'ossidazione termica degli inquinanti (combustione) sembra essere una soluzione del problema proposta da alcune aziende del settore, ma a causa del fatto che le arie esauste da trattare hanno una bassa concentrazione di VOC, tale processo ossidativo richiede un notevole apporto di combustibile (generalmente metano) causando come ricaduta costi di gestione importanti (costi energetici) e produzione di residui di combustione (NO_x , CO e CO_2).

5. Il sistema REBIOSOV

La scelta della tecnologia muove dalla considerazione che il modo più razionale per affrontare la depurazione di effluenti a bassi carichi organici, quali sono i reflui da trattamento rifiuti, è sicuramente il passaggio attraverso un trattamento preliminare di concentrazione che permetta poi il loro successivo invio ad un sistema di ossidazione classico.

La concentrazione di effluenti con alte portate e basse concentrazioni è un problema non nuovo, risolto in passato con l'utilizzo di tecniche costose, sia in termini di investimento che in termini di costi di gestione, e complesse, come i carboni attivi o le zeoliti. In particolare, questi vecchi procedimenti comportano un consumo notevolissimo di energia e di emissioni ad effetto serra. Avvalendosi di prodotti assorbenti di nuova concezione, ad elevata stabilità sia chimica che meccanica, è possibile adsorbire a freddo e desorbire con aria calda a temperatura programmata, gli inquinanti che, concentrati, possono poi essere bruciati in condizione di auto sostentamento energetico.

Gli obiettivi generali da perseguire nello sviluppo di un qualsiasi tecnologia per l'abbattimento di aeriformi contaminati da VOC sono:

- Azzerare l'impatto ambientale del processo produttivo in esame
- Introdurre il minimo di agenti inquinanti (NO_x , CO e CO_2)
- Ottenere quanto sopra con i minori costi di gestione e quando possibile recuperare energia dal processo di ossidazione dei VOC

A titolo di esempio riportiamo in tabella (**Tab. 3**) una comparazione tra la tecnologia Rebiosov e un termico rigenerativo relative ad un impianto dalla capacità di trattamento di 20.000 Nm^3/h d'aria con una concentrazione di VOC di 500 mg/Nm^3 . Le emissioni sono relative ai soli apporti derivanti dall'utilizzo di combustibile per il sostentamento del processo, a parità di prestazione.

| | Rebiosov | Termico rigenerativo |
|--------------------|-------------------------------|--|
| Energia da fornire | 1000 kcal/h | 248000 kcal/h |
| Costo di gestione | 1600 €/a | 135000 €/a |
| Costo impianto | 175000 € | 190000 € |
| note | Il bruciatore funziona 88 h/a | Autosostentamento a $\text{VOC}=2.5 \text{ g}/\text{Nm}^3$ |

Tab. 3 – Comparazione costi di gestione

Il vantaggio principale della tecnologia Rebiosov è la semplicità e la sicurezza del processo nella fase di desorbimento e rigenerazione, che viene effettuata senza alcuna movimentazione di materiale, semplicemente per mezzo di aria calda pulita, senza pericoli di esplosione e con un minimo consumo di energia. Il materiale adsorbente ha una elevata capacità di adsorbimento per i solventi a basse concentrazioni, che arriva ad essere pari al 5-10% in peso (per i composti più comunemente utilizzati nelle industrie).

La riattivazione del materiale adsorbente, che per i carboni attivi richiede un flusso di azoto o di vapore d'acqua per evitare pericoli di esplosione, viene nel nostro caso effettuata in situ per mezzo di aria calda pulita attorno ai 80-150°C. Con questa tecnologia non esistono pericoli di infiammabilità del materiale ed inoltre la rigenerazione richiede un basso consumo di energia. Il ciclo di desorbimento ha una durata variabile a seconda delle quantità di sostanze adsorbite di 3-6 ore. Una volta che i VOC sono strappati dall'adsorbente, vengono inviati ad un combustore catalitico ancillare ed il calore prodotto verrà impiegato per il ciclo successivo di desorbimento. L'impianto è dotato inoltre di presidi e tecnologie personalizzabili in rapporto alle tipologie di emissioni.

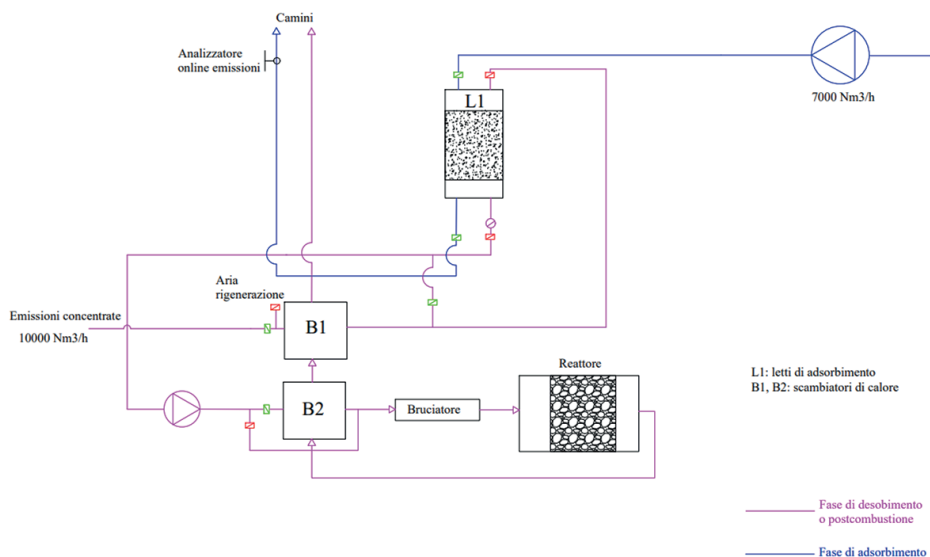


Fig. 1 – Esempio di schema di impianto

Il materiale adsorbente utilizzato è costituito da una matrice di materiale allumino-silicato che funge da supporto ad un carbone attivo disperso in microparticelle. La matrice del materiale è amorfa e crea una struttura di micro-macro pori aperti. In più i micro-pori della parte accessibile dei carboni attivi presentano una superficie molto selettiva nei confronti degli idrocarburi. Grazie a questo accoppiamento di materiali differenti, si ha una maggiore capacità di adsorbimento.

Il sistema Rebiosov è dotato di una serie di sistemi di controllo per l'ottimizzazione dei tempi di processo, delle sicurezze e della efficienza sia in adsorbimento che in desorbimento. In particolare, l'impianto sarà controllato da due sistemi:

- Un PLC (Programmable Logic Controller) per gestire entrambe i processi
- Una strumentazione in grado di valutare il contenuto di carbonio organico nelle emissioni gassose in aria, e di conseguenza di definire il livello di saturazione del letto di adsorbimento.

6. Conclusioni

REBIOSOV è un sistema in grado di abbattere gli odori, ossia di trattare flussi contenenti concentrazioni di VOC tra i 100 e i 1000 mg/Nm³ con un basso impatto ambientale e a costi di esercizio molto inferiori alle tecnologie alternative.

Il vantaggio tecnologico sta nel processo di concentrazione degli inquinanti che generalmente sono presenti in concentrazioni basse. Il materiale adsorbente, esclusivo e brevettato, possiede delle caratteristiche uniche:

- Elevato potere di adsorbimento
- Bassa energia di desorbimento
- Elevata resistenza meccanica
- Assenza di qualsiasi attività catalitica
- Elevato effetto quencing (raffreddamento, che costituisce una sicurezza intrinseca)
- Ampio spettro di sostanze adsorbibili.

AIR QUALITY

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E COVID 19

La sessione si propone di creare un momento di incontro per fornire un quadro degli studi in corso, delle esperienze, delle conoscenze e le variabili in gioco nella diffusione dell'epidemia CoVID-19 e di discutere i diversi aspetti tecnici e sanitari disponibili.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Istituto Superiore di Sanità**

Presidente di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Gianluigi De Gennaro, *Università di Bari*

L'andamento delle performance delle emissioni in atmosfera dei macroinquinanti (polveri, NO_x, SO₂, CO) nelle centrali termoelettriche alimentate a carbone

*Roberto Borghesi roberto.borghesi@isprambiente.it, Carlo Carlucci, Raffaella Manuzzi
ISPRA, Roma*

Riassunto

Nell'articolo si valuta l'evoluzione nel tempo delle performance delle emissioni in atmosfera nelle centrali a carbone italiane soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) di competenza statale. Sono stati definiti specifici indicatori di performance associabili alle emissioni convogliate dei macroinquinanti (polveri, CO, NO_x e SO₂) e si è valutato l'andamento di tali indicatori antecedentemente al rilascio della prima AIA fino ad oggi, evidenziando come i provvedimenti di AIA abbiano inciso sulla riduzione effettiva e misurata delle emissioni in atmosfera dei suddetti macroinquinanti.

Summary

The paper evaluates the evolution over time of the emissions into the atmosphere generated by the Italian coal power plants subject to Integrated Environmental Authorization (AIA) under state jurisdiction. We defined specific performance indicators, associated with the conveyed emissions of macro-pollutants (dust, CO, NO_x and SO₂). The trend of these indicators was assessed prior to the release of the first AIA to today, by highlighting how the AIA prescriptions have affected the reduction of atmospheric emissions of the aforementioned macro-pollutants.

1. Introduzione

L'energia elettrica prodotta nel 2019 mediante la combustione di carbone costituisce nell'Unione Europea il 14% del totale dell'energia prodotta, mentre se si considerano tutti i paesi del mondo tale percentuale sale al 35%, con i valori maggiori in India (72%) e Cina (62%) [1]. Nell'Unione Europea i dati degli ultimi anni mostrano un trend in costante calo dell'utilizzo del carbone a favore di energia prodotta da fonti rinnovabili, principalmente eolico e solare.

In Europa sono presenti 268 centrali a carbone, di cui 223 sul territorio dell'Unione Europea, situate prevalentemente in Germania e Polonia [2]. In Italia vi sono 9 centrali a carbone, tutte soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) di competenza statale, di cui 7 attualmente in esercizio. Tale autorizzazione fissa le condizioni di esercizio e i valori limite di emissione (VLE) che devono essere rispettati durante l'esercizio dell'istallazione al fine di prevenire e ridurre l'impatto ambientale.

Il principale aspetto ambientale correlato all'esercizio delle centrali a carbone è rappresentato dalle emissioni in atmosfera di sostanze inquinanti; in particolare sono di rilievo sia le emissioni convogliate prodotte dalla combustione del carbon fossile sia le emissioni diffuse di polveri derivanti dalla movimentazione e dallo stoccaggio del fossile.

Il presente studio valuta come i provvedimenti di AIA abbiano inciso sulla riduzione delle emissioni convogliate dei principali macroinquinanti (polveri-PTS, CO, NO_x e SO₂). In particolare per ciascuno dei suddetti inquinanti sono stati definiti 3 indicatori di performance normalizzati sulla produzione, sul consumo di carbone e sul numero di ore di esercizio. Si è quindi valutato l'andamento di tali indicatori precedentemente al rilascio della prima AIA statale fino al 2019, evidenziando come i provvedimenti di AIA abbiano inciso sulla riduzione delle emissioni in atmosfera dei suddetti macroinquinanti. Si evidenzia che i dati utilizzati per calcolare i 3 indicatori sono i valori misurati dal Gestore nell'ambito degli autocontrolli previsti dai Piani di Monitoraggio e Controllo (PMC), mediante i Sistemi di Monitoraggio in Continuo delle emissioni (SME) certificati e sottoposti a procedure di controllo qualità ai sensi della norma UNI EN 14181. Pertanto lo studio valuta il miglioramento reale delle emissioni di macroinquinanti in atmosfera, traguardato negli anni a seguito degli adeguamenti impiantistici e gestionali conseguenti all'applicazione delle *Best Available Techniques* (BAT) e ai valori limite prescritti nei decreti di AIA.

2. Relazione

L'Unione Europea ha adottato la prima direttiva sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (direttiva IPPC) nel 1996, oggi sostituita dalla direttiva 2010/75/UE sulle emissioni industriali (direttiva IED). In Italia la direttiva IPPC è stata inizialmente recepita dal D.Lgs. 59/2005; successivamente la disciplina dell'IPPC è stata inserita nel D.Lgs. 152/2006 (testo unico ambientale), che ha recepito la direttiva IED con D.Lgs. 46 del 4 marzo 2014.

Tra le installazioni soggette alla direttiva IPPC (ora alla direttiva IED) vi sono anche le centrali a carbone. In Italia tutte le 9 centrali presenti sono soggette ad AIA di competenza statale. Le prime AIA delle centrali a carbone AIA sono state rilasciate in Italia a partire dal 2008. Con l'emanazione delle prime AIA si sono iniziati a raccogliere dati significativi di esercizio sulle installazioni, nell'ambito degli obblighi di comunicazione annuale imposti al Gestore nel PMC, parte integrante dell'AIA. Nel presente studio tali dati sono stati utilizzati per valutare l'andamento delle prestazioni delle installazioni nel tempo.

Attualmente sono in esercizio 7 delle 9 centrali a carbone presenti sul territorio. Di tali 7 centrali in esercizio, 4 sono costituite da 2 gruppi termoelettrici, 1 da un solo gruppo, 1 da 3 gruppi e 1 da 4 gruppi, per un totale di 16 gruppi termoelettrici a carbone.

Nel presente studio si sono valutate le prestazioni di 14 dei suddetti gruppi termoelettrici dal rilascio della prima AIA ad oggi. Per una delle centrali, costituita da 2 gruppi, non è stato possibile valutare le prestazioni per mancanza di alcuni dati ante prima AIA. Lo studio vuole focalizzare l'attenzione su come i provvedimenti di AIA abbiano inciso sulla riduzione delle emissioni convogliate dei principali macroinquinanti (polveri, CO, NO_x e SO₂). In particolare sono stati definiti i seguenti tre indicatori di performance:

- tipologia di indicatore 1, $I_1, mac\ inq/energ$ che misura la quantità di ciascun macroinquinante emessa nell'anno per i MWh di energia generata lorda,
- tipologia di indicatore 2, $I_2, mac\ inq/carb$ che misura la quantità di ciascun macroinquinante emessa nell'anno per le tonnellate di carbone alimentato,
- tipologia di indicatore 3, $I_3, mac\ inq/ore$ che misura la quantità di ciascun macroinquinante emessa nell'anno per le ore di funzionamento dell'impianto.

Tali indicatori sono stati calcolati per ciascun gruppo termoelettrico a partire da prima del rilascio della prima AIA statale fino al 2019. Si è quindi valutata la riduzione percentuale degli

indicatori rispetto alla situazione Ante AIA statale. Si rappresenta che per una delle centrali, costituita da 3 gruppi, alcuni dati utilizzati nel calcolo degli indicatori sono disponibili solo in forma aggregata (valore medio) per i 3 gruppi, di conseguenza per tale centrale due dei tre indicatori (indicatori 1 e 2) sono calcolati come media per l'intera centrale e non come valori dei singoli gruppi. Si rappresenta infine che le 7 centrali hanno ottenuto l'AIA in anni diversi a partire dal 2008: di conseguenza il numero di gruppi esaminato ogni anno diminuisce dal 7° anno post AIA in avanti. Per il 4° anno post AIA i dati di 2 gruppi risultano non disponibili alla consultazione.

I dati utilizzati per calcolare ciascun indicatore sono i valori effettivi, misurati dal Gestore. In particolare per la situazione antecedente al rilascio della prima AIA statale si sono utilizzati i dati di esercizio (misurati/stimati/calcolati) riferiti ad un anno di riferimento comunicati dai Gestori nella domanda di rilascio dell'AIA, mentre per la situazione Post AIA si sono utilizzati i dati misurati dai Gestori nell'ambito degli autocontrolli previsti dai PMC. Si evidenzia come le misurazioni dei quantitativi emessi nell'anno di ciascun macroinquinante siano state effettuate utilizzando i dati di portata e concentrazione misurati mediante SME certificati e sottoposti a procedure di controllo qualità ai sensi della norma UNI EN 14181. Pertanto lo studio rappresenta il miglioramento effettivo delle emissioni di macroinquinanti in atmosfera, tralasciando negli anni a seguito degli adeguamenti impiantistici e gestionali conseguenti all'applicazione delle BAT e ai valori limite prescritti nei decreti di AIA.

Nelle seguenti figure 1,2,3 e 4, si riporta la distribuzione in classi della riduzione percentuale degli indicatori rispetto alla situazione Ante AIA statale.

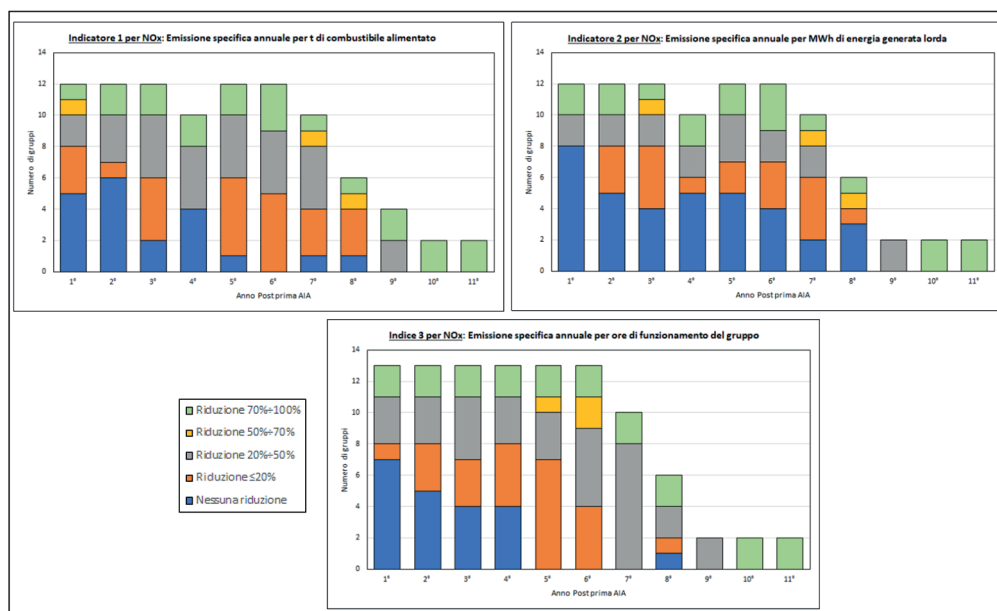


Fig. 1 – Andamento degli indici 1, 2 e 3 per gli NOx

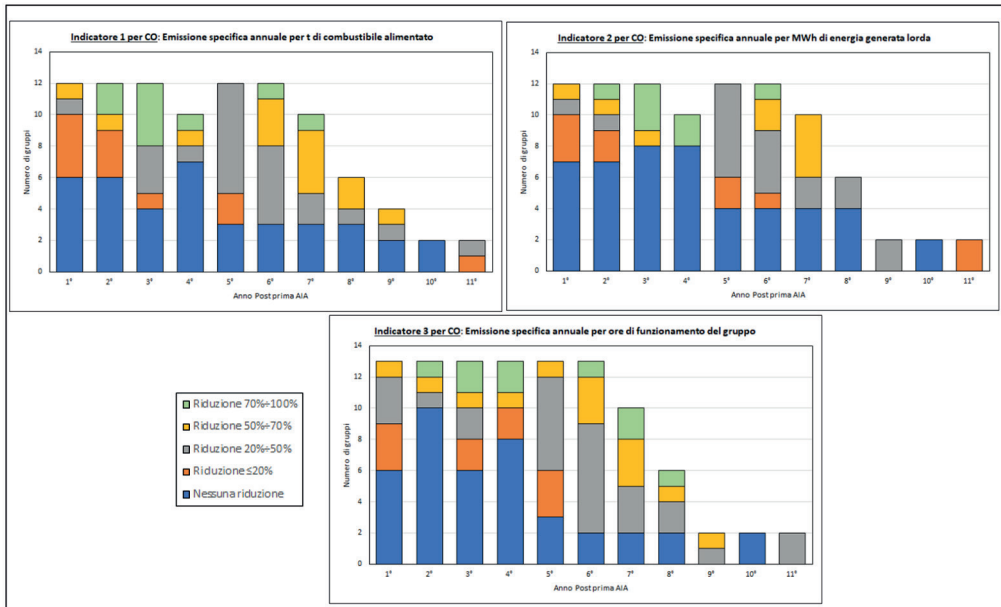


Fig. 2 – Andamento degli indici 1, 2 e 3 per il CO

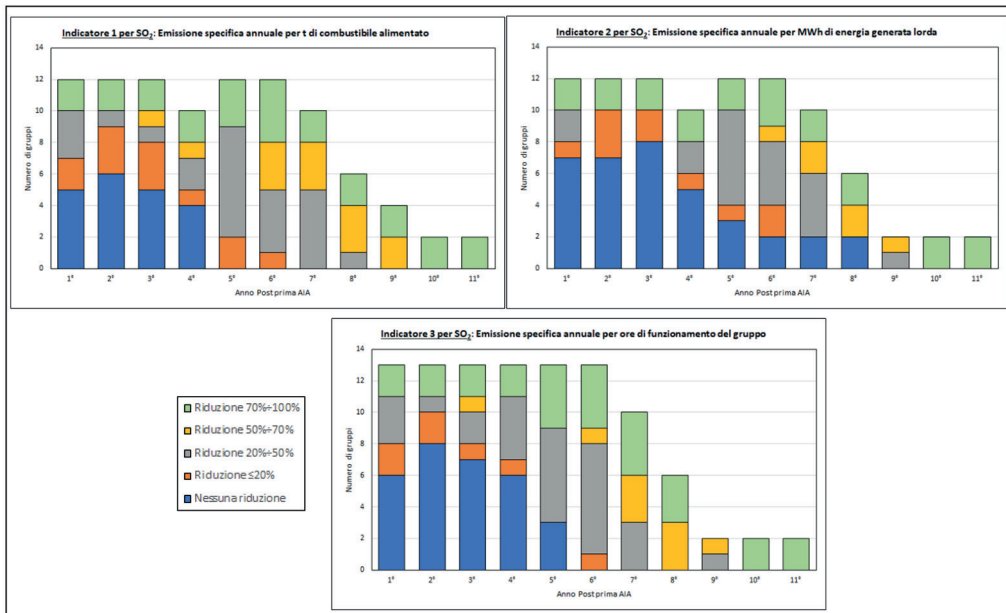


Fig. 3 – Andamento degli indici 1, 2 e 3 per l'SO₂

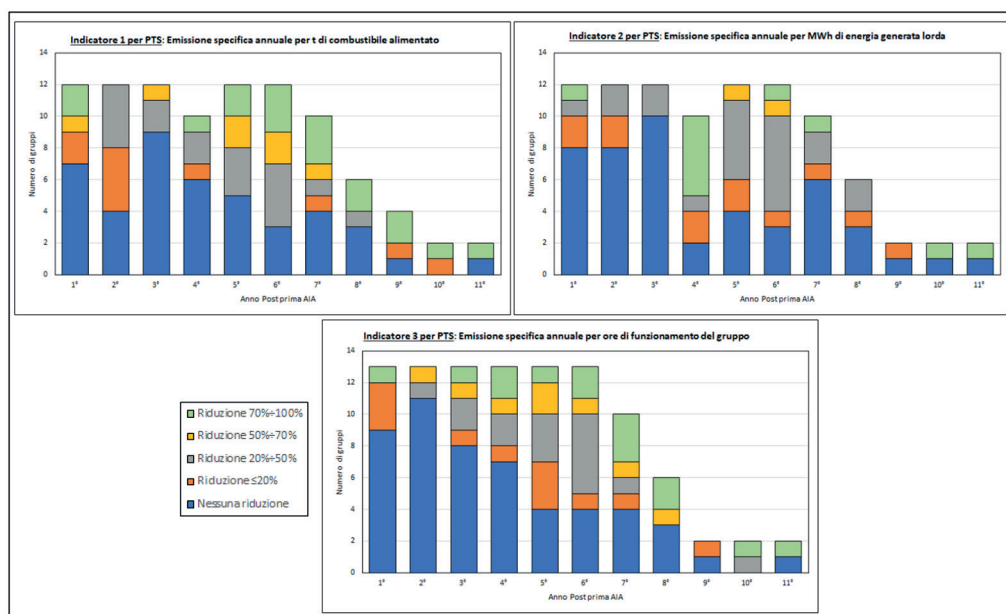


Fig. 4 – Andamento degli indici 1, 2 e 3 per le PTS

L'analisi condotta mostra che i 3 indicatori hanno un andamento che dipende dal tipo di inquinante considerato e dalle condizioni di esercizio, con conseguenti miglioramenti non lineari nel tempo.

Già dal 1° anno post AIA tra 8% e il 25% dei gruppi mostra una riduzione fino al 20% di tutti i 3 indicatori considerati. Negli anni successivi aumentano il numero dei gruppi la cui riduzione percentuale degli indicatori si attesta su valori superiori al 70%.

Si osserva che la crescita lenta della percentuale di riduzione di tutti i 3 indicatori è dovuta alle tempistiche di adeguamento tecnologico alle BAT negli anni successivi alla prima AIA, anche a seguito di modifiche impiantistiche rilevanti.

Dall'analisi dei risultati per i singoli inquinanti emerge che:

- per gli NO_x, si nota un andamento nettamente positivo dell'indicatore 1 (a parità di numero di gruppi) fra il 5° e il 6° anno post AIA, periodo a partire dal quale si osserva che tutti i gruppi presentano una percentuale di riduzione. Inoltre si evidenzia, fra il 5° e il 6° anno post AIA, un aumento da 2 a 3 gruppi nella classe di riduzione >70%. Il trend è simile anche per gli altri due indicatori, a confermare l'implementazione nel tempo delle BAT relative al miglioramento delle performance ambientali, quali ad esempio l'adeguamento dei bruciatori e l'abbattimento dell'inquinante a valle della combustione (Riduzione Catalitica Selettiva e non Selettiva-SNCR),

- per il CO, relativamente all'indicatore 1 fra il 5° e il 6° anno post AIA (stesso periodo analizzato per gli NO_x, essendo i due inquinanti strettamente correlati nelle dinamiche della combustione), si osserva un aumento da 0 a 3 gruppi nella classe di riduzione del 50-70%, un aumento da 0 a 1 gruppo nella classe di riduzione >70%, rimanendo inalterato il numero di gruppi che non presentano evidenti miglioramenti. Il trend è simile anche per gli altri due indicatori, a confermare i risultati degli adeguamenti tecnologici adottati nel tempo e un miglioramento nella gestione della combustione,

- per la SO₂, relativamente all'indicatore 1 e prendendo a confronto solo gli anni in cui sono

confrontabili tutti i gruppi analizzati, si osserva al raggiungimento del 6° anno post AIA, un aumento da 2 a 4 gruppi nella classe di riduzione >70% e un aumento da 1 a 3 gruppi nella classe di riduzione del 50-70%, con conseguente diminuzione da 10 a 5 gruppi con percentuali di riduzione inferiori e azzeramento dei gruppi che non presentano evidenti miglioramenti. Lo stesso trend si osserva per l'indicatore 3.

Relativamente all'indicatore 2, si osserva una netta diminuzione del numero di gruppi senza evidenti miglioramenti (da 7 a 2) con l'aumento da 0 a 1 gruppo nella classe di riduzione del 50-70% e l'aumento da 2 a 3 gruppi nella classe di riduzione > 70%. Si evidenzia che l'indicatore 2 è strettamente legato alle modalità di esercizio degli impianti: infatti che le quantità annuali totali di inquinanti misurate comprendono sia quelle emesse nelle ore di effettivo funzionamento (impianto a regime) sia quelle emesse durante i transitori (avvii, spegnimenti, malfunzionamenti). Pertanto l'indicatore 2, che normalizza la quantità di inquinanti emessa nell'anno rispetto alla produzione di energia (contabilizzata solo durante l'effettivo funzionamento a regime), nel caso della SO₂, risente del numero di transitori effettuati nell'anno. Infatti durante tali fasi l'emissione specifica di inquinante è più elevata rispetto ai valori che ha nelle condizioni di funzionamento a regime,

- per le Polveri, relativamente all'indicatore 1 un miglioramento più significativo tra il 2° e il 6° anno post AIA, con un aumento da 0 a 1 gruppo nella classe di riduzione del 50-70% e un aumento da 2 a 6 gruppi nella classe di riduzione del 20-50%.

Lo stesso trend si conferma per gli altri due indicatori, evidenziando un miglioramento dovuto all'adeguamento tecnologico alle BAT relative alle tecniche di abbattimento a valle della combustione.

3. Conclusioni

Dall'analisi compiuta, emerge che i provvedimenti di AIA, nell'ottica del miglioramento continuo delle prestazioni connesse con l'applicazione delle BAT, hanno inciso positivamente sulle emissioni in atmosfera delle centrali.

L'analisi condotta mostra che i 3 indicatori definiti hanno un andamento che dipende dal tipo di inquinante considerato, dalle condizioni di esercizio e dalle tempistiche di adeguamento tecnologico alle BAT negli anni successivi alla prima AIA, con conseguenti miglioramenti non lineari nel tempo.

Già dal 1° anno post AIA tra 8% e il 25% dei gruppi mostra una riduzione di tutti i 3 indicatori considerati fino al 20%. Negli anni successivi aumentano i gruppi la cui riduzione percentuale degli indicatori si attesta su valori superiori al 70%.

In particolare:

- l'indicatore 1 mostra un sostanziale trend positivo soprattutto al raggiungimento del 6° anno post AIA. In particolare relativamente agli NO_x e alla SO₂, al raggiungimento del 6° anno post AIA, tutti i gruppi presentano una percentuale di riduzione, mentre per il CO e le polveri si ha il 75% dei gruppi nelle classi di riduzione da 20% a > 70%.

- l'indicatore 2 mostra un trend positivo meno marcato rispetto all'indicatore 1, pur mostrando al 6° anno post AIA un aumento dei gruppi nelle varie classi di riduzione. In particolare, per i parametri NO_x e polveri si ha circa il 66% dei gruppi nelle classi di riduzione da 20% a > 70%. Per i parametri CO e SO₂, tale percentuale diminuisce al 50%.

- l'indicatore 3 mostra un sostanziale trend positivo soprattutto al raggiungimento del 6° anno post AIA. In particolare relativamente agli NO_x e alla SO₂, al raggiungimento del 6° anno post AIA tutti i gruppi presentano una percentuale di riduzione. Per il parametro CO, l'83% dei gruppi rientra nelle classi di riduzione da 20% a > 70%, mentre per le polveri si ha circa 66% dei gruppi nelle classi di riduzione da 20% a > 70%.

Il trend dei tre indicatori conferma dunque il miglioramento delle performance ambientali

dei gruppi a carbone presenti in Italia, dovuto soprattutto agli obblighi di adempimento alle prescrizioni AIA. Tale obiettivo è raggiunto attraverso l'implementazione, nel tempo, delle BAT, sia a livello di miglioramento nella gestione delle prestazioni di impianto, che di adozione di tecnologie *end of pipe*, con conseguente riduzione della formazione degli inquinanti in fase di combustione e abbattimento degli inquinanti alla fonte emissiva, prima dell'emissione in atmosfera.

Con l'emanazione della direttiva IED e più in particolare con l'emanazione della Decisione di Esecuzione (UE) 2017/1442 che stabilisce le conclusioni sulle BAT per i grandi impianti di combustione, è iniziato l'iter di riesame delle AIA di tutte le centrali a carbone, per allineare i limiti di emissione contenuti nelle autorizzazioni a quanto stabilito dal nuovo documento sulle BAT *Conclusions*. Tale iter è tuttora in corso. A conclusione sarà possibile rivalutare eventuali ulteriori riduzioni dovute ai riesami delle AIA.

Bibliografia

[1] EMBER, *Global Electricity Review, March 2020*

[2] Europe Beyond Coal, *Database* scaricato dal sito <https://beyond-coal.eu/database/>

Abbattimento Odori con il Vapore Secco. Una tecnologia innovativa

Marilena Cascone, marilena.cascone@senecaair.com – Roma
Seneca Air Srl
Via Barca San Domenico, 21 Sora

Riassunto

L'abbattimento odori consiste in un trattamento di purificazione degli effluenti gassosi, prodotti da processi industriali, prima del loro rilascio in atmosfera, esso consiste in una eliminazione o neutralizzazione Chimico-Fisica di ogni singola Molecola Maleodorante ed è in grado di riportare l'ambiente in una condizione di Neutralità Olfattiva. Le Molecole Attive, sono capaci di svolgere un'azione specifica e diretta su quelle maleodoranti, di interagire con esse e modificarne le proprietà chimico-fisiche, in modo da non permettere più la loro percezione e di conseguenza si genera una nuova molecola diversa ottenuta dalla combinazione chimica delle due. Il sistema innovativo di Abbattimento Odori, proposto dalla nostra azienda Seneca Air, riguardo i nuovi impianti atomizzanti ad aria, è una vera e propria trasformazione da molecola maleodorante a molecola non-odorante: perché, non essendo più in grado di stimolare i recettori olfattivi, non verrà più percepita quindi non avrà più il suo odore.

Summary

The removal of odors consists in a purification treatment of the gaseous effluents, produced by industrial processes, before their release into the atmosphere, it consists in a Chemical-Physical elimination or neutralization of each single Smelly Molecule and is able to restore the environment in a condition of Olfactory Neutrality. The Active Molecules are capable of carrying out a specific and direct action on the malodorous ones, of interacting with them and modifying their chemical-physical properties, so as to no longer allow their perception and consequently a new different molecule is generated obtained from the chemical combination of the two. The innovative Odor Abatement system, proposed by our company Seneca Air, regarding the new air atomizing systems, is a real transformation from a malodorous molecule to a non-odorant molecule: because, being no longer able to stimulate the olfactory receptors, it will no longer be perceived so it will no longer have its smell.

1. Introduzione

Con il termine abbattimento odori, si definisce un sistema di purificazione degli effluenti gassosi, generati da processi industriali, prima del loro rilascio in atmosfera.

Esso ha lo scopo di eliminare o ridurre la presenza di particelle inquinanti, al fine di riportare i parametri in uscita dell'effluente gassoso, al di sotto dei limiti prescritti dalla normativa per le emissioni in atmosfera.

Affinché tale trattamento possa inquadrarsi in questa definizione, dovrà necessariamente prevedere una reale abolizione o neutralizzazione Chimico-Fisica di ogni singola Molecola Maleodorante ed essere quindi in grado di riportare l'ambiente ad una condizione di Neutralità Olfattiva.

2. Relazione

Le Molecole Attive, sono capaci di svolgere un'azione specifica e diretta su quelle maleodoranti, di interagire con esse e modificarne le proprietà chimico-fisiche, in modo da non permettere più la loro percezione.

In un sistema di abbattimento odori, le Molecole Attive devono possedere delle specifiche proprietà Chimico-Fisiche che, una volta diffuse nell'ambiente e trasportate con la stessa cinetica che muove quelle maleodoranti, permetta loro di attrarre queste ultime elettrostaticamente e, una volta a contatto con esse, combinarsi chimicamente ed in modo indissolubile, modificandone struttura, polarità, attività, proprietà idrofile o lipofile“ (Coefficiente di Ripartizione), stereochimica, etc..”

Devono essere in grado di generare, in questo modo, una nuova particella, che non sarà più quella maleodorante originaria, ma una diversa ottenuta dalla combinazione chimica delle due.

Grazie a questa trasformazione si altererà anche l'interazione tra Molecola Maleodorante e Sistema Olfattivo che, non essendo più in grado di riconoscerla, azzererà di fatto, l'insorgere di quell'impulso elettrico, che permetteva al cervello di identificarne l'odore.

La cosiddetta condizione di “neutralità olfattiva”.

Nota bene: L'obiettivo è quello di non saturar l'ambiente con un profumo che, sommandosi al cattivo odore, mandi in black-out l'olfatto, facendo in modo che non si sia più in grado di sentire alcun odore (anche se il fetore nell'ambiente continua a persistere) bensì quello di disattivare tutte le molecole maleodoranti in modo che siano esse stesse a non avere più alcun odore. Un sistema innovativo di Abbattimento Odori, come quello proposto dalla nostra azienda Seneca Air, riguardo i nuovi impianti atomizzanti ad aria, è una vera e propria trasformazione da particella maleodorante a molecola non-odorante: perché, non essendo più in grado di stimolare i recettori olfattivi, non verrà più percepita, il che equivale a dire che, quella molecola, non avrà più il suo odore. L'altra possibile azione delle Molecole Attive, è ottenuta tramite una reazione chimica di riduzione, dove, in presenza di un opportuno catalizzatore si raggiunge lo stesso effetto, ma tramite una reazione di drogenazione delle molecole maleodoranti, che causa la perdita del loro carattere nucleofilo con la conseguente diminuzione del loro effetto odorigeno. Scegliendo e dimensionando accuratamente, il sistema di diffusione delle Molecole Attive, è possibile ottenere rendimenti di Abbattimento Odori, anche dell'ordine del 97-99%. In pratica, con un corretto dimensionamento, si può ottenere una riduzione significativa del disturbo odorigeno, sino a renderlo trascurabile già a pochi metri di distanza dalla zona di emissione delle molestie olfattive.

Per dimensionare un sistema di abbattimento odori in modo ottimizzato, che permetta cioè di ottenere un rendimento massimo ma con un costo di investimento ed un consumo di prodotto minimo, occorre necessariamente effettuare un'analisi preliminare quali-quantitativa di tutte le variabili in gioco e di non facile valutazione.

Ad esempio occorrerà valutare:

- la meteorologia (vento, umidità, temperatura, inversione termica, etc.);
- la distanza dal punto dell'emissione delle molestie olfattive e l'orografia dell'area intorno allo stabilimento;
- la tipologia di attività produttiva e la classe di composti maleodoranti rilasciati nell'atmosfera;
- potenzialità e variabilità del ciclo di produzione e quindi anche la ciclicità delle portate maleodoranti rilasciate.

La taratura ottimale, si ottiene quando, eliminati tutti i cattivi odori, quello che resta è solamente la leggera profumazione firma del prodotto utilizzato. Si tratta, in pratica di una gradevole fragranza, che a trattamento avviato, dovrà essere solo leggermente percepibile.

La straordinaria peculiarità di un sistema di Abbattimento Odori che agisca come quello della nostra azienda Seneca Air che permette un'eccezionale flessibilità nella taratura, garantendo così un essenziale vantaggio in ambienti maleodoranti e potenzialmente pericolosi, a causa di possibili fughe di vapori o gas tossici o in zone Atex.

In questi ambienti, la percezione olfattiva è fondamentale, essendo di vitale importanza poter rilevare per tempo eventuali perdite o fughe di gas (con il superamento del limite di esplosività o di tossicità).

Inoltre tale innovativa tecnologia offre la possibilità di dimensionare e tarare il sistema su livelli standard o addirittura di sicurezza (ad esempio con un rendimento di Abbattimento Odori del 75-80%). Questo significa è possibile regolare il trattamento in modo da diminuire significativamente il cattivo odore per le normali condizioni operative, quando cioè il tenore dell'inquinante è al di sotto delle soglie di pericolo, facendo sì, che il cattivo odore risulti solo appena percettibile.

Qualora un'eventuale fuga o perdita dovesse portare la concentrazione dell'inquinante oltre la soglia di tossicità e di pericolo, il dimensionamento dell'impianto di trattamento risulterebbe insufficiente e l'aumento di percezione dell'odore, rivelerebbe l'aumento della concentrazione e la situazione di pericolo, permettendo di intervenire subito o di potersi allontanare dalla zona di rischio.

2.1 La nebulizzazione ad aria

La scelta della nuova tecnologia Seneca Air che sfrutta un sistema pneumatico ad aria, risulta essere idonea per l'eliminazione degli odori dove, per poter riuscire nell'intento è indispensabile un minimo di esperienza e nozioni tecniche adeguate, in quanto la difficoltà sta sia nel selezionare una tecnologia che possa funzionare, ma anche nel trovare quella capace di massimizzare il risultato: ossia, che permetta di ottenere il massimo rendimento di abbattimento, con il minimo costo di investimento, di gestione e di consumo di prodotto.

Il vapore secco, una tecnologia innovativa che si contraddistingue per efficacia, efficienza ed economicità.

Si tratta di una valida alternativa alla nebulizzazione, dove però si utilizza una speciale miscela oleosa, che viene fatta evaporare a freddo, mediante una apparecchiatura dotata di aria compressa ed ugelli Venturi.

Questo Vapore Secco, così prodotto, può essere diffuso a bassa pressione in diversi modi: con tubazioni microforate, dotate di ugelli o di teste di diffusione, mediante uno o più ventilatori o addirittura innestato in sistemi di ventilazione o lavaggio (scrubber) già preesistenti.

L'impianto, è dotato di un PLC, che permette una programmazione sequenziale e puntuale sia dei tempi che dei dosaggi di prodotto da diffondere, in funzione di: fasce orarie, temperature, intensità del cattivo odore, nonché dei venti dominanti se installato all'aperto.

2.2 Caratteristiche

- L'installazione è estremamente facile e rapida;
- Non necessita di allacci idrici e quindi non consuma acqua;
- Estremamente versatile, lavora a bassa pressione e può essere inserito immediatamente in qualsiasi contesto, utilizzando: tubazioni microforate, dotate di ugelli o di teste di diffusione, mediante uno o più ventilatori o addirittura innestato in sistemi di ventilazione e lavaggio (scrubber) già preesistenti;
- Modularità: permette un'implementazione in più moduli autonomi, in funzione della criticità del cattivo odore presente;
- Efficacia, efficienza ed economicità: ridottissimi costi sia di installazione che di esercizio. Garantisce consumi sia energetici che di prodotto veramente sostenibile;

- Interventi di manutenzione ridotti rispetto al sistema tradizionale idraulico (es: pulizia periodica ugelli, filtri, ecc.).
- Possibilità di automatizzare l'impianto in modo da rendere autonomo l'impianto con l'accesso da remoto e l'inserimento di sensori specifici che comunicano con il software centrale gestendo così i picchi di emissione (es: rilevamento di benzene, H₂S, mercaptani, idrocarburi in generale, ecc.).

3. Conclusioni

In conclusione con questa nuova tecnologia di impianti si otterranno numerosi vantaggi per i clienti finali, in quanto la manutenzione ordinaria risulterà essere minima in quanto gli ugelli non avranno problemi di otturazione anche legato al fatto che non vi è presenza di acqua che potrebbe ossidare le parti, infine la frantumazione delle molecole avvenendo "a secco" renderà ancora più performante i risultati ottenibili da questa tipologia di impianto.

Bibliografia

[1] Cascone Giuseppe, brevetto n. 0000274396; Nebulizzatore ad ultrasuoni o con applicazioni venturi, per sostanze e soluzioni allo stato liquido per cassonetti raccolta rifiuti e raccoglitori rifiuti differenziati. 2013.

[2] Cascone Giuseppe, brevetto n. 0000273623; Nebulizzatore ad aria. 2012.

Analisi di incidenti e buone pratiche ispettive per la gestione dell'invecchiamento di impianti industriali

*Romualdo Marrazzo, romualdo.marrazzo@isprambiente.it, ISPRA, Roma
Fabrizio Vazzana, fabrizio.vazzana@isprambiente.it, ISPRA, Roma*

Riassunto

Tra gli obblighi per stabilimenti industriali soggetti al D.Lgs. 105/2015, è previsto un piano per il monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento ("ageing") di attrezzature e sistemi. Partendo da alcuni incidenti industriali nazionali, sono fornite le principali risultanze dell'analisi, essendo stati identificati, quali cause significative, meccanismi legati all'ageing. Viene quindi presentata una panoramica circa la normativa nazionale, gli standard tecnici di settore e linee guida concernenti la tematica. È poi proposto un focus sulle buone pratiche circa i metodi utilizzati per la valutazione della risposta, da parte dell'industria, alla questione dell'ageing ("asset integrity management"). Il paper descrive, infine, le principali risultanze delle ispezioni sul Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS), con particolare riferimento alle non conformità emerse circa la problematica dell'ageing e dell'asset integrity.

Summary

The obligations for industrial establishments subject to Legislative Decree 105/2015 include a plan for monitoring and controlling the risks associated with aging of equipment and systems. Starting from some national industrial accidents, the main results of the analysis are provided, having been identified, as significant causes, mechanisms related to aging. An overview of the national legislation, the technical standards of the sector and guidelines concerning the subject is then presented. A focus on good practices is then proposed on the methods used to assess the response, by industry, to the issue of aging ("asset integrity management"). Finally, the paper describes the main findings of the inspections on the Safety Management System (SMS), with particular reference to the non-compliances that emerged about the aging and asset integrity issues.

1. Introduzione

Tra i vari obblighi per i gestori di stabilimenti industriali soggetti al D.Lgs. 105/2015, implementazione italiana della direttiva 2012/18/EU (c.d. Seveso III), è prevista la predisposizione di un piano per il monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento (c.d. "ageing"), di attrezzature e sistemi, che possono portare ad una perdita di contenimento di sostanze pericolose, incluse le necessarie misure di prevenzione e protezione.

Va infatti notato che il concetto del controllo dei rischi legati all'invecchiamento è ben specificato, nel dettato normativo, essendo citato a più riprese nel D.Lgs. 105/2015:

- Allegato 3 (informazioni relative al SGS-PIR). Tra gli elementi di cui tener conto ai fini dell'attuazione del SGS sono trattati gli aspetti del controllo operativo: ...*(omissis) monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento delle attrezzature installate nello stabilimento e alla corrosione... (omissis)*;
- Allegato B (LG per attuazione del SGS-PIR). Tra i contenuti tecnici del SGS, elemento fondamentale è il controllo operativo: ...*(omissis) Devono, inoltre, essere previsti piani di monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento (corrosione, erosione, fatica, scorrimento viscoso) di apparecchiature e impianti che possono portare alla perdita di contenimento di sostanze pericolose, comprese le necessarie misure correttive e preventive... (omissis)*;
- Allegato H (Criteri per svolgimento ispezioni). È previsto uno specifico punto di verifica, inerente alla tematica, nelle Liste di riscontro per ispezioni SGS-PIR (punto 4.i "Controllo Operativo").

2. Relazione

2.1 Incidenti industriali e invecchiamento impianti: alcuni casi nazionali

L'analisi di alcuni eventi incidentali industriali, occorsi di recente presso stabilimenti chimici e petrolchimici nazionali, ha evidenziato come i meccanismi di *ageing* siano stati identificati quali cause significative, in termini di fattori tecnici e gestionali correlati al controllo operativo del SGS. I contenuti dell'analisi sono sintetizzati nel seguito:

- Raffineria, 30/04/2006 "Incendi ed esplosioni in tubazioni". Descrizione: Rilascio di greggio da tubazione di trasferimento nel sottopassaggio della strada che attraversa lo stabilimento. Sviluppo incendio da innesco accidentale con coinvolgimento di tubazioni di altri gestori e successive esplosioni (effetto domino) - Cause: Età (più di 25 anni) e stato di conservazione della tubazione (fenomeni di corrosione progressiva) - Azioni intraprese: Ispezioni visive e progettazione azioni correttive. Necessità di attività di ricostruzione - Azioni previste/programmate: Analisi di rischio specifiche. Richieste di AA.CC. (Autorità Competenti) in seguito a istruttoria. Revisione del piano di ispezione e controllo tubazioni.

- Raffineria, 01/05/2006 "Perdita da fondo serbatoio". Descrizione: Fuoriuscita di greggio da lesione sul fondo di serbatoio a tetto galleggiante e conseguente rilascio all'interno del bacino di contenimento - Cause: Elevata corrosione e area deteriorata - Azioni intraprese: Isolamento del serbatoio. Trasferimento di prodotto in altro serbatoio mediante tubazione temporanea - Azioni previste/programmate: Serbatoio fuori servizio. Ripristino e manutenzione bacino e serbatoio. Inserimento doppio fondo su serbatoio.

- Impianto Chimico, 25/05/2017 "Rilascio H_2SO_4 (acido solforico) da tubazione sotterranea di alimentazione". Descrizione: Danno accidentale di tubazione di H_2SO_4 , che connette il parco stoccaggi (n. 6 Serbatoi fuori terra) con un serbatoio interrato. Rilascio di H_2SO_4 , nel canale interrato. Cedimento strutturale di uno dei serbatoi e rotazione relativa del bacino di contenimento - Cause: Perdita di H_2SO_4 , che penetra nel sottosuolo da tubazione. Avanzata corrosione in sezione di condotta non accessibile ai controlli. Supposta durata del rilascio di c.a. 40 gg. (c.a. 45 t di H_2SO_4 ,rilasciato) - Azioni intraprese: Serbatoio di H_2SO_4 , svuotato del prodotto. Linea di alimentazione intercettata e serbatoio isolato. Monitoraggio e verifica strutture. Muro di contenimento perimetrale del bacino rinforzato, per assicurarne la tenuta - Azioni previste/programmate: Programmata manutenzione e monitoraggio corrosione sui serbatoi di H_2SO_4 , e sulle tubazioni di carico, con calcolo dei ratei di corrosione sul breve e lungo termine e della vita residua (nuova procedura).

- Raffineria, 07/03/2018 "Presenza di gasolio in piezometri vicino serbatoio di stoccaggio". Descrizione: A seguito di campionamento su 2 piezometri presso serbatoio di stoccaggio gasolio, rinvenuta presenza di surnatante (idrocarburo) dello stesso tipo. Rilascio di c.a. 1000

mc nel sottosuolo - Cause: Perdita da serbatoio di stoccaggio per corrosione sul fondo singolo, sebbene interessato da manutenzione sul fondo nei 2 anni precedenti (lamiere sovrapposte sul fondo esistente) - Azioni intraprese: Trincea drenante a nord della vasca e messa in servizio di nuovi piezometri. Aggiornamento del protocollo operativo per il monitoraggio idrochimico e piezometrico delle acque sotterranee - Azioni previste/programmate: Doppio fondo per tutti i serbatoi a fondo singolo con prodotti idrocarburici (funzione viscosità). Revisione programma di gestione invecchiamento serbatoi.

Da quanto su indicato si evince come i meccanismi di ageing rappresentino una potenziale causa di incidenti industriali. L'analisi dei fattori tecnici e organizzativi di tali eventi evidenzia infatti problemi di "asset integrity" delle installazioni pericolose, consistenti, fondamentalmente, in deterioramento e degrado causati da corrosione, erosione, fatica, ecc. Le azioni correttive identificate, predisposte a cura delle AA.CC. e dei gestori, sono consistite in: modifiche del PEI (Piano di Emergenza Interna), investigazione post evento e analisi di rischio, controlli su installazioni ed impianti (tubazioni, serbatoi, bacini, ecc.). In connessione a tali azioni, l'industria ha implementato una serie di metodi per valutare la risposta al problema dell'ageing, che si sono tradotti in attività di ripristino e manutenzione, aggiornamento di procedure e istruzioni operative, pianificazione specifica per elementi tecnici critici per la prevenzione degli incidenti rilevanti.

2.2 Riferimenti normativi, standard nazionali e linee guida concernenti l'ageing

Oltre a quanto già esplicitato circa la specificazione, nel D.Lgs. 105/2015, del concetto del controllo dei rischi legati all'invecchiamento, si evidenzia l'esistenza di un corpus normativo importante, tra cui:

Standard nazionali per l'implementazione del SGS, identificati quale "stato dell'arte" nel D.Lgs.105/2015: UNI 10617 "Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Requisiti essenziali"; UNI 10616 "Impianti a rischio di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Linee guida per l'attuazione della UNI 10617"; UNI 10672 "Impianti di processo a rischio di incidente rilevante. Procedure di garanzia della sicurezza nella progettazione"; UNI 11226 "Impianti a rischio di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Parte 1 e Parte 2 (audit)".

Standard tecnici per attrezzature in pressione e metodologie di ispezione e controllo: UNI/TS 11325-8 "Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 8: Pianificazione delle manutenzioni su attrezzature a pressione attraverso metodologie basate sulla valutazione del rischio (RBI)"; UNI/TS 11325-9 "Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 9: Idoneità al servizio (Fitness For Service)"; API RP 581 "Risk-Based Inspection Technology"; API 579 1/ASME FFS-1 "Fitness for service assessment standard"; EEMUA 159 "Above ground flat bottomed storage tanks. A guide to inspection, maintenance and repair".

LLGG, emesse nell'ambito del Coordinamento per l'uniforme applicazione sul territorio nazionale (art. 11 D.lgs. 105/2015) "Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso" [1]. Esse rappresentano uno strumento pratico per verificare che il gestore di stabilimenti Seveso abbia predisposto i piani di monitoraggio e controllo dei rischi di invecchiamento. È un metodo basato sull'attribuzione di penalità e compensazioni, che propone al gestore la scelta tra diverse misure di controllo da adottare in proporzione alla propensione all'invecchiamento risultante. Può essere utilizzato autonomamente dal gestore, anche ai fini di verifica/controllo/conferma delle metodologie già in utilizzo in stabilimento [2; 3].

2.3 Un possibile approccio alle buone pratiche: l'esempio del sistema di contenimento primario

Adeguata premessa da fare riguarda i requisiti base per l'attuazione degli standard manutentivi, accennati in precedenza, tenendo conto del fatto che differenti "asset" di stabilimento possono essere soggetti a fenomeni di invecchiamento, ed in particolare [4]: Sistemi di contenimento primari; Misure di controllo e mitigazione (barriere); Sistemi di controllo elettrico e strumentale; Strutture.

Il controllo operativo di stabilimento prevede, nell'ambito dell'attuazione del SGS, procedure ed istruzioni operative che costituiscono la base per la scelta di uno specifico piano di ispezione e controllo di attrezzature e linee critiche, la cui identificazione discende da una corretta analisi dei rischi. Gli adeguati regimi manutentivi che ne discenderanno vanno attuati in relazione a politiche di manutenzione basate sul rischio (RBM – *Risk Based Maintenance*), il cui fine è consentire la riduzione dei rischi di perdita di contenimento di sostanze pericolose da elementi tecnici critici per la prevenzione degli incidenti rilevanti.

In tale ottica va inquadrato il concetto di invecchiamento, che si rammenta non essere connesso all'età dell'apparecchiatura, bensì alle modifiche che la stessa ha subito nel tempo, in termini di grado di deterioramento e/o di danno subito. Tali fattori comportano una maggiore probabilità che si verifichino guasti nel tempo di vita (di servizio) dell'apparecchiatura, ma non sono necessariamente associati ad esso. Nel caso di apparecchiature o impianti, l'invecchiamento può comportare un significativo deterioramento e/o danno rispetto alle sue condizioni iniziali, che può comprometterne la funzionalità, disponibilità, affidabilità e sicurezza [5]. È giusto il caso di rammentare, a tal riguardo, la classica rappresentazione della variazione del rateo di guasto, per una apparecchiatura, mediante la "curva a vasca da bagno" (Fig. 1), che riporta le tipiche quattro fasi della "vita" della stessa apparecchiatura (invecchiamento progressivo) [6].

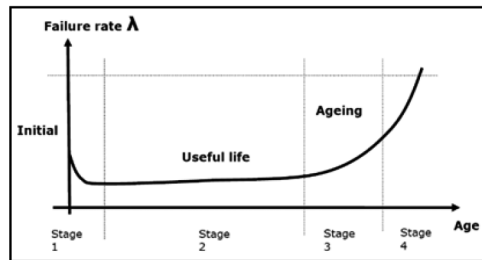


Fig. 1 , Probabilità di guasto di una popolazione di apparecchiature ("curva a vasca da bagno")

Per quanto concerne il controllo dell'integrità meccanica, si riporta nel seguito un utile riferimento per un possibile approccio alla buona pratica manutentiva, avendo come esempio il caso del sistema di contenimento primario in uno stabilimento Seveso. Gli step previsti sono:

- Definire i meccanismi di degradazione, in base a tipologia serbatoi, natura dei fluidi stoccati, ecc., differenziando tra corrosione e meccanismi non legati a corrosione.
- Definire e personalizzare le tecniche di ispezione, in aggiunta alle già previste ispezioni interne e esterne, che saranno di tipo NDT (*Non Destructive Test*), quali: Liquidi penetranti; Magnetoscopia; Vacuum box; Ultrasuoni (lungo raggio); Scintilla (*spark test*); Emissioni acustiche.
- Determinare la frequenza delle ispezioni, in base a: Caratteristiche costruttive; Tecniche di riparazione e materiali; Natura del prodotto stoccato; Condizioni precedente ispezione; Ratei corrosione; Presenza sistemi di prevenzione corrosione; Potenziale contaminazione suolo,

acqua, aria; Presenza doppi fondi o altri sistemi; Sistemi di rilevazione perdite con serbatoi in servizio.

È importante che venga programmato un piano di manutenzione “mirata”, secondo i dettami della già citata RBM, seguendo metodologie di approccio che ben si prestano ad essere integrate nella struttura di un SGS già implementato ed attuato. Tra queste si ricordano: il metodo RBI (*Risk Based Inspection*), che consente l’attuazione di specifiche attività di ispezione in base alle effettive condizioni di funzionamento di apparecchiature ed impianti; il metodo FFS (*Fitness for service*), mediante il quale è possibile mantenere in servizio, con adeguato monitoraggio, apparecchiature ed impianti che presentano un degrado strutturale.

Va da ultimo sottolineato un aspetto rilevante, ovvero la ricaduta degli effetti della gestione delle modifiche, cui è tipicamente soggetto uno stabilimento Seveso, sulla valutazione dell’*ageing* e della relativa gestione dell’*asset integrity*. È infatti da considerare la reale difficoltà nell’identificare nuovi rischi di corrosione, in caso di modifiche a impianti e processi, tendendo a sottostimare l’effettivo impatto di queste stesse su tali meccanismi di degrado, soprattutto in casi “temporanei”. Ai fini di dare una idea di quali potrebbero essere delle tipiche attività di modifica, relativamente ai sistemi di contenimento primari, su cui porre l’attenzione nella valutazione delle problematiche di *ageing*, si evidenziano:

- Inserimento di ugelli aggiuntivi / modifica esistenti
- Installazione agitatore su vessel esistente
- Aumento / diminuzione capacità serbatoio
- Modifica condizioni di processo
- Retrofitting serpentine riscaldamento
- Installazione/rimozione isolamento esterno

È quindi necessario tenere traccia della storia operativa e dei relativi problemi emersi, durante le attività di modifica condotte, in termini di ore di lavoro, cicli di carico/scarico, escursioni operative, modifiche condizioni e processi, ecc.

2.4 L’analisi delle ispezioni sul SGS

Viene di seguito fornita una analisi delle principali risultanze, lezioni apprese e ritorno di esperienza delle ispezioni sul SGS, condotte ai sensi dell’art. 27 del D.Lgs. 105/2015 negli ultimi 3 anni su base nazionale. È stato in particolare svolto un esame di c.a. 160 rapporti finali di ispezione che ha portato ad evidenziare, in c.a. il 20% dei casi, problemi di corretta gestione della integrità meccanica di impianti ed attrezzature. Sono infatti emerse criticità e non conformità gestionali, che hanno comportato la emissione di raccomandazioni/prescrizioni, con specifico riferimento ai rischi legati all’invecchiamento e *asset integrity* di installazioni pericolose ispezionate.

Tra le non conformità suddette, si riportano le principali:

- Considerare ed analizzare le problematiche legate all’*ageing* di attrezzature ed installazioni, che possono portare a perdita di sostanze pericolose, includendo uno specifico piano di monitoraggio e controllo e le conseguenti misure correttive e preventive.
- Nessuna evidenza di piano di monitoraggio dei rischi legati all’invecchiamento, a meno degli obblighi cogenti.
- Procedura di *asset integrity* management presente ma parzialmente implementata (nessuna evidenza).
- Mancanza di una procedura specifica, che preveda i seguenti aspetti: Analisi dei meccanismi di degradazione possibili, con valutazione dei tempi di vita di impianti/apparecchiature; Piano di monitoraggio fisso o variabile nel tempo e tecniche relative; Azioni preventive e correttive in essere/da implementare.

3. Conclusioni

Risulta evidente che gli impianti degli stabilimenti industriali sono soggetti a fenomeni di degradazione in base agli stress statici/dinamici cui sono sottoposti, oltre che agli effetti di modifiche operative, ragion per cui è utile conoscere i tassi di decadimento delle prestazioni per programmare adeguate attività di manutenzione. Il Gestore deve in particolare considerare le variazioni che le attrezzature subiscono, nel tempo, per capirne i meccanismi di deterioramento e degrado, così da identificare i NDT più adatti per la valutazione dello stato di danno. Scopo della gestione delle attività manutentive è infatti controllare e mantenere i rischi a livelli accettabili, assicurando continuità operativa e condizioni di stabilità per prevenire perdite di contenimento di sostanze pericolose.

Gioca un ruolo considerevole la corretta implementazione del SGS, che prevede che ogni attrezzatura sia soggetta a programmi di controllo, pianificati al fine di assicurare la continuità operativa in sicurezza: compito del Gestore è la formalizzazione di criteri specifici per la definizione dei regimi manutentivi più adatti. È infatti importante stabilire una strategia chiara, valida per l'intero ciclo di vita degli impianti, considerata anche la particolare rilevanza su siti caratterizzati dalla presenza di sostanze pericolose per via delle conseguenze in caso di perdita di integrità. In tal senso, le metodologie RBI e FFS possono costituire una valida risposta nella gestione delle problematiche di *asset integrity* e delle relative correlazioni con i fenomeni di *ageing*.

Bibliografia

- [1] **MATTM.** (2018, aprile). Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso. Coordinamento per l'uniforme applicazione sul territorio nazionale di cui all'art. 11 del decreto legislativo 26 Giugno 2015 n. 105 (https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/rischio_industriale/ValutazioneInvecchiamento_finale.pdf).
- [2] **Bragatto, P. and Milazzo, M.F.** (2016, settembre). "Risk due to the Ageing of Equipment: Assessment and Management", *Chemical Engineering Transactions* 53 (2016), 253-258.
- [3] **Milazzo, M.F. and Bragatto, P.** (2019, marzo). "A framework addressing a safe ageing management in complex industrial sites: The Italian experience in «Seveso» establishments", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 58 (2019), 70-81.
- [4] **HSE.** (2010, novembre). "Plant ageing - Management of equipment containing hazardous fluids or pressure". Research Report RR509. Health & Safety Executive, London UK.
- [5] **OECD.** (2017, marzo). AGEING OF HAZARDOUS INSTALLATIONS. Series on Chemical Accidents No. 29. ENV/JM/MONO(2017)9.
- [6] **HSE.** (2010, agosto). "Plant Ageing Study – A Summary Guide". Research Report RR823. Health & Safety Executive, London UK.

Catalytic post-combustion, a way to save money

Alessandro Panza, a.panza@precoitalia.it, Ivana Moscato, David Callejo Munoz, Resilco Srl, Dalmine, Pietro Italiano, Costech International, USA

Riassunto

Il sistema di post-combustione catalitica è la soluzione più efficace per la depurazione di emissioni industriali contenenti solventi con concentrazione maggiore di 3-4 g/Nm³, o per il trattamento di emissioni ad alta temperatura. Il processo di ossidazione avviene sulla superficie attivata del catalizzatore, posta in uno o più letti. La temperatura di attivazione della reazione di combustione dei SOV, in presenza del catalizzatore, scende in modo significativo a 300-450 °C. Grazie a questa riduzione delle temperature, l'ossidazione avviene senza creare i classici problemi legati alla combustione ad alta temperatura. L'aria di processo, all'ingresso dell'impianto, viene preriscaldata da uno scambiatore che recupera il calore contenuto nei gas caldi di combustione, che vengono poi scaricati in atmosfera.

Nelle condizioni ottimali di funzionamento a pieno regime, il calore fornito dallo scambiatore è sufficiente per raggiungere la temperatura di intervento, cioè si ha autosufficienza, in alternativa si usa un bruciatore a metano o una resistenza elettrica.

Summary

The catalytic post-combustion system is the most effective solution for the purification of industrial emissions containing solvents with concentration greater than 3-4 g/Nm³, or for the treatment of high temperature emissions. The oxidation process takes place on the activated surface of the catalyst, placed in one or more beds. The trigger temperature of the SOV combustion reaction, in the presence of the catalyst, drops significantly to 300-450 degrees Celsius. Thanks to this reduction in temperatures, oxidation takes place without creating the classic problems related to high temperature combustion. The process-air, at the entrance of the plant, is preheated by an exchanger that recovers the heat contained in the hot combustion gases, which are then discharged into the atmosphere.

In the optimal operating conditions at full capacity, the heat provided by the exchanger is sufficient to reach the trigger temperature, that is, you have self-sustaining, alternatively, heat is supplied with a methane burner or with an electric resistance.

1. Introduzione

L'impianto di combustione catalitica ha l'obiettivo di abbattere la concentrazione dei composti volatili organici (COV) nei limiti imposti per le emissioni in atmosfera. A differenza delle tecnologie ad alta temperatura il processo avviene all'interno di un intervallo di temperatura molto più basso con un notevole risparmio economico.

2. Funzionamento impianto

Il principio di funzionamento del combustore catalitico si basa su una ossidazione dei prodotti organici presenti, metaniferi e non metaniferi, ad una temperatura di circa 350 °C su letto catalitico, secondo la reazione descritta in **Fig. 1**



Fig. 1 – Reazione di ossidazione dei COV all'interno del reattore

L'impianto risulta essere molto semplice concettualmente: il flusso di aria, qualora sia necessario, viene diluito con aria fresca e convogliato al reattore dove avviene la reazione appena descritta. La reazione è esotermica e quindi si ha un ulteriore innalzamento della temperatura. Prima di andare a camino tale flusso caldo viene utilizzato per preriscaldare quello in ingresso. (Fig. 2)

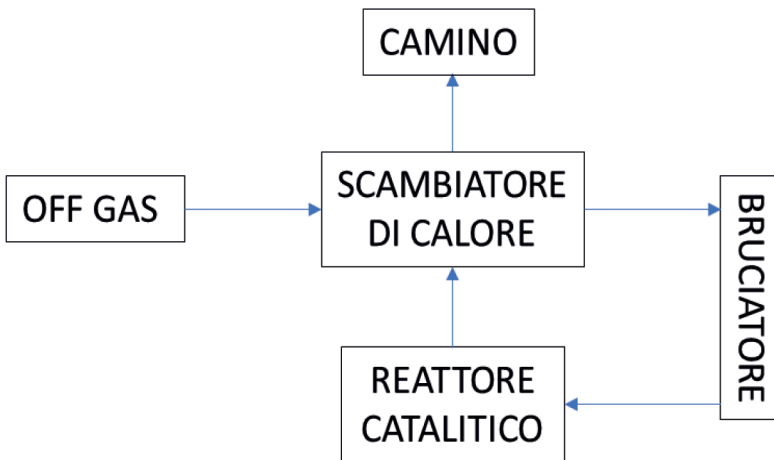


Fig. 2 – Schema di impianto

L'impianto in avviamento ha un transitorio finché il bruciatore non porta alla temperatura di esercizio il letto catalitico. Durante questa fase l'abbattimento dei VOC è comunque maggiore del 50%.

Raggiunta la temperatura di esercizio, il sistema di controllo farà funzionare il bruciatore al minimo necessario per mantenere tale temperatura. Si ha quindi a regime un consumo di metano di rete molto basso con un conseguente risparmio economico.

Per esempio, in un impianto con un flusso di circa 1500 Nm³/h da trattare, si ha un consumo di metano di rete di circa 3-5 m³/h.

3. Comparazione con impianto ad ossidazione termica

3.1. Combustione termica

Alcuni impianti sono costituiti da reattori di trasferimento termico riempiti con mezzi ceramici. Quando il flusso si muove attraverso il mezzo ceramico poroso, che viene riscaldato fino ad arrivare alla temperatura di ossidazione dei COV. [1].

Altri impianti sono costituiti da una serie di rigeneratori di calore utilizzati per recuperare più del 95% dell'energia termica, alternando direzioni di flusso di aria calda pulita e aria fredda di scarico.

3.2 Combustione catalitica

L'impianto di post-combustione catalitica procede a temperature più basse e può eliminare qualsiasi composto organico anche in presenza di prodotti alogenati. Inoltre, in comparazione al sistema tradizionale ha una efficienza maggiore e non ci sono rischi di produrre ossidi di azoto.

Il recupero energetico attraverso lo scambiatore di calore associato all'esotermicità del processo che avviene sul catalizzatore consente un uso limitato di metano di rete ed in alcuni casi, quando le concentrazioni di VOC è superiore a 4gr/m³ il sistema si autosostiene.

Questo fatto è possibile perché si ha un incremento di temperatura di circa 20°C per ogni gr/Nm³ di solvente presente nel flusso da trattare.

| Parametro | Combustione termica | Combustione catalitica |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Temperatura operativa | 800-1000°C | 350-450°C |
| Consumo di energia | Alto | Basso |
| Abbattimento VOC | >95% | >95% |
| Abbattimento CO | >90% | >95% |
| Abbattimento NO _x | 0% (in realtà si produce) | >10% |
| Abbattimento polveri | 0% | >60% |
| Dimensioni impianto | Grande | Piccolo |

Tab. 1 – Comparazione tipologie di impianto

3. Vantaggi e performance

L'impianto di post-combustione catalitica presenta notevoli vantaggi:

- ha una notevole stabilità agli attacchi chimici
- una elevata efficienza di abbattimento dei COV, del monossido di carbonio e del micro-particolato
- Richiede bassi costi di investimento in quanto è strutturalmente semplice e non richiede particolari dispositivi di controllo
- Permette bassi costi di gestione in quanto non ha dispositivi meccanici né consumi energetici significativi, in alcuni casi addirittura si autosostiene
- Ha ingombri ridotti che consentono il montaggio in ogni situazione possibile, come a valle di impianti termici, senza rilevanti modifiche strutturali a sistemi già esistenti.

La forma di dimensioni ridotte del catalizzatore consente una elevata flessibilità del reattore, che può essere geometricamente addato alle esigenze costruttive.

I rendimenti di abbattimento che il sistema è in grado di garantire sono elevati (vedi **Tab. 1**). A livello di performance, in fase di avviamento, le emissioni di ossido di carbonio e idrocarburi incombusti vengono immediatamente abbattute di oltre il 50% rispetto ai valori normali, mentre raggiungendo il funzionamento a regime si annullano.

Lo stesso andamento si ha sulle emissioni di ossidi di azoto che vengono ridotte progressivamente del 10-15% rispetto ai valori senza catalizzatore.

Le emissioni di particolato carbonioso impregnato di idrocarburi incombusti vengono praticamente eliminate fin dall'avviamento.

4. Catalizzatore

Il catalizzatore utilizzato nel post-combustore catalitico, prodotto e brevettato, è composto da ossidi misti (metalli non preziosi) in diverse geometrie a seconda dell'applicazione (anelli raschig, pellets, sfere).

Le caratteristiche principali sono:

- maggiore stabilità chimica rispetto ai catalizzatori ai metalli preziosi
- basse perdite di carico (per un letto di circa 1500 litri si ha una perdita di 280 mmH₂O)
- elevata resistenza a classici avvelenanti come lo zolfo e gli alogeni
- capacità di abbattimento grazie ad un sistema di microporosità distribuita di CO, NO_x, COT e particolato carbonioso
- presenta una sicurezza intrinseca poiché isola esso stesso le elevate temperature
- velocità spaziali di 15000 h⁻¹

All'interno del reattore sono presenti delle termocoppie a monte e a valle del letto catalitico che, misurando la variazione di temperatura, consentono di avere conferma in tempo reale del funzionamento corretto dell'impianto.



Fig. 3 – Catalizzatore ad anelli Raschig

Come ulteriore protezione del catalizzatore da fattori inibenti o avvelenanti si prevede come optional l'inserimento di un allumino-silicato mesoporoso nel letto catalitico.

Il catalizzatore non necessita di elevata manutenzione.

Per impianti funzionanti 24 ore al giorno, si programma una manutenzione annua con rabbocco di 5-10% di materiale fresco.

5. Conclusioni

Il processo di abbattimento di COV effettuato con il sistema di post-combustione catalitica risulta essere meglio performante, meno costoso, di più facile gestione e modulare alle situazioni già esistenti.

Le basse temperature non solo impediscono la produzione di ossidi di azoto o altri sottoprodotti tossici, ma riducono i consumi energetici di esercizio e la dimensione dell'impianto.

Tutti questi fattori si tramutano in un risparmio economico considerevole.

Bibliografia

[1] **Petersson A. Welliger A.** *Biogas upgrading technologies-developments and innovations*, IEA bioenergy, 20, 1-19

Ri-connettere le città con la natura ai tempi del Covid

Valeria Stacchini, valeria.stacchini@cittametropolitana.bo.it, Città metropolitana di Bologna, Bologna

Riassunto

Il Covid-19 ha reso evidente l'interconnessione fra salute, ambiente ed economia. Occorre spingere su una ripartenza quanto più verde, con il contributo e sostegno di tutti gli attori. Il settore pubblico in particolare può svolgere un ruolo guida, generando un effetto leva sul mercato attraverso i propri acquisti. Abbiamo l'opportunità di stimolare l'avvio di nuove imprese verdi e sostenere la riorganizzazione e la crescita delle imprese esistenti puntando su nuovi modelli di business sostenibili. Le nature-based enterprises sono una nuova promettente nicchia di mercato, a cui si rivolge il progetto Horizon2020 Connecting Nature e la Città metropolitana di Bologna. I temi affrontati sono: 1. Introduzione; 2. Start-up verdi: i numeri di Bologna metropolitana; 3. Soluzioni basate sulla natura: i benefici per aria e salute, 4. Imprese e natura: un nuovo settore da incubare; 5. Una piattaforma- vetrina per favorire innovazione aperta e nuove collaborazioni; 6. Come sarà il mondo post-Covid per le imprese green?

Summary

Covid-19 has made clear the interconnection among human, environmental and economic health. We need to push for a green restart, with the contribution and support of all the actors. The public sector in particular can play a leading role by being a frontrunner, investing and leveraging the market through its purchases. We have the opportunity to stimulate new green startups and support the reorganization and growth of existing businesses by moving on new sustainable models. Nature-based enterprises are a new promising market niche, which is targeted by the Horizon2020 Connecting Nature project and the Metropolitan City of Bologna. The topics addressed are: 1. Introduction; 2. Green start-ups: the numbers of the metropolitan area of Bologna; 3. Nature-based solutions: air and health benefits; 4. Business and nature: a new sector to incubate; 5. A platform to showcase and foster open innovation and new collaborations; 6. What will the post-Covid world look like for green businesses?

1. Introduzione

Ad aprile 2019, importanti scienziati avevano lanciato un “Global Deal per la natura” [1] per porre l'attenzione su due sfide interconnesse: biodiversità e cambiamenti climatici.

A novembre 2019 è eletta la nuova commissione europea: Ursula Von der Leyen è la prima presidentessa donna, e pone al vertice delle priorità del suo mandato un “Green Deal Europeo” [2], poi lanciato a febbraio 2020 quando il mondo intera inizia a tremare per un nuovo virus: il Covid-19 salta da animale a uomo mettendo in crisi l'intera economia globale. La scienza dimostra [3] [4] come la distruzione della biodiversità crei le condizioni per nuovi virus e malattie, e la deforestazione crea maggiori opportunità per la loro diffusione. La pandemia che ci ha colpito ha reso palese come tutto sia interconnesso: salute ambientale, salute umana e salute economica.

Il Covid-19 ha stravolto le nostre routine, le nostre necessità e priorità. Questa però può anche un'opportunità per ripristinare, reinventare e immaginare nuovi scenari per le nostre città, verso una maggiore resilienza. Dobbiamo sicuramente cogliere l'occasione per lavorare alla costruzione di nuove città: l'equilibrio fra città e natura è fondamentale per il nostro benessere, la nostra salute, la nostra sicurezza. La presenza di vegetazione in città influisce sulla qualità dell'aria, ma anche sulla salute e il benessere delle persone.

La città metropolitana di Bologna ha avviato una riflessione su come migliorare le proprie politiche, promuovendo la realizzazione di *Nature-based solutions* (Nbs), attivamente supportando nuove idee di imprese: le NBE, *Nature Based Enterprises*.

Attraverso il progetto Horizon2020 *Connecting Nature*, si stanno conducendo approfondimenti e approntando strumenti di supporto, per facilitare il successo di nuove opportunità di business di cui le nostre città possano beneficiare.

2. Start-up verdi: i numeri di Bologna metropolitana

La necessità di passare ad un'economia a basse emissioni di carbonio, determina molte opportunità commerciali. Lo "*Small Business Act for Europe*" [5] ha sottolineato che l'UE e gli Stati membri dovrebbero consentire alle pmi di sfruttare queste opportunità.

La città metropolitana di Bologna con il supporto di Nomisma, nell'ambito del progetto GRESS (finanziato dal programma Interreg Europe) ha analizzato le politiche attivate a vari livelli territoriali per favorire lo sviluppo di una nuova imprenditorialità verde.

Nel 2019 l'Emilia-Romagna contava un totale di 6.210 imprese verdi, e di queste il 19% (1.149 aziende) erano nella provincia di Bologna [6].

A un piccolo panel di queste imprese fra marzo e aprile 2020 (quindi in piena chiusura da Covid-19) Nomisma e la Città metropolitana di Bologna hanno somministrato un questionario per indagare barriere e identificare stimoli, al fine di migliorare le politiche di supporto all'economia verde. Secondo i dati elaborati da Nomisma emerge un quadro generale [7] di aziende molto piccole, molte delle quali sono state scartate o ricevono supporto da una struttura, ma pochissime hanno beneficiato di incentivi pubblici o finanziamenti per investimenti ambientali. Per quanto riguarda le prestazioni aziendali, metà degli intervistati segnalano aumenti dei ricavi e del personale. Poco più della metà dei rispondenti opera su mercati esteri e di questi un quarto del totale segnala ricavi su questo fronte. C'è però attesa rispetto al futuro, in particolare per quanto riguarda l'aumento di posti di lavoro verdi, che però potrebbe essere frustrata da difficoltà della ricerca di personale con adeguate competenze. Le aree più frequentemente menzionate per i lavori verdi sono pianificazione, ricerca e sviluppo, produzione di beni, fornitura di servizi. Di nuovo composito è il quadro degli investimenti: distribuiti su diversi ambiti, spesso concorrenti; i più frequenti risultano quelli in ricerca e sviluppo di nuovi prodotti-servizi, seguito dall'acquisto di macchinari e tecnologie-software. Il principale fattore che spinge all'investimento è la richiesta del mercato, seguito dal miglioramento della reputazione dell'azienda. Il fattore esterno che è stato indicato come principale stimolo all'investimento nell'economia verde sono le politiche dirette ad accrescere la consapevolezza del mercato; questo è seguito da incentivi, modifiche regolamentari e appalti pubblici verdi.

Sulla base degli approfondimenti svolti, la società Nomisma ritiene di particolare interesse le opportunità nei settori dell'imballaggio, dell'agroalimentare e della mobilità, nonché nei settori delle costruzioni-ristrutturazioni e delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica.

3. Soluzioni basate sulla natura: i benefici per aria e salute

Sempre durante il periodo di chiusura per il Covid-19, la Città metropolitana ha contribuito a una seconda indagine, rivolta a imprese che utilizzano la natura come elemento centrale nell'offerta di prodotti-servizi.

Promuovendo e sottoscrivendo nel 2017 la Carta di Bologna per l'ambiente [8], la Città metropolitana si è impegnata a raggiungere obiettivi più ambiziosi di quelli europei; il nuovo piano territoriale metropolitano [9] inoltre mira a raggiungere entro il 2050 il consumo zero di suolo, con un attento monitoraggio della pianificazione urbana e l'aumento delle Nbs, ovvero tetti e muri verdi, boschi urbani, sistemi alternativi di gestione delle acque piovane, agricoltura urbana e peri-urbana, una gestione del verde attenta alla biodiversità e alla presenza degli impollinatori... Queste soluzioni offrono sicurezza alimentare, resilienza ai cambiamenti climatici, ed ancora benessere e salute degli abitanti, creando spazi per la socialità e favorendo la costruzione di comunità. Le Nbs sono particolarmente interessanti per contrastare il fenomeno delle isole di calore in città e migliorare la qualità dell'aria, rimuovendo gli agenti inquinanti, come spiegato da Carlo Calfapietra [10] sulla base dei risultati conseguiti dai progetti Horizon in corso; da questa analisi, pur raccogliendo le evidenze già disponibili, rileva la necessità di sviluppare ulteriori studi interdisciplinari, con robusti casi studio, per raccogliere ulteriori dati e misurare gli impatti.

A luglio 2020 Iucn (l'Unione internazionale per la conservazione della natura) ha pubblicato uno standard globale per soluzioni basate sulla natura [11]. Il nuovo standard Iucn aiuterà i governi, le imprese e la società civile a garantire l'efficacia delle soluzioni basate sulla natura e massimizzare il loro potenziale per aiutare ad affrontare i cambiamenti climatici, la perdita di biodiversità e altre sfide sociali su scala globale. Le Nbs generano quindi molteplici vantaggi ambientali e sociali, ma anche profitti e nuove opportunità di business.

4. Imprese e natura: un nuovo settore da incubare

L'indagine è stata promossa dal progetto Horizon 2020 *Connecting Nature* (finanziato dall'Unione Europea con il contratto n. 730222). Il progetto e la ricerca sono coordinati dal Trinity College di Dublino, con il supporto e il contributo delle undici città europee coinvolte nel progetto; la maggior parte dei rispondenti proviene da queste, ma sono stati raccolti contributi da tutto il mondo.

Indagando un settore fortemente innovativo, la prima difficoltà incontrata è stata quella di definire il campo di indagine. In ultima istanza la definizione adottata per NBE segue la descrizione stabilita dalla commissione europea di pmi, circoscrivendo il campo alle società indipendenti con entrate commerciali. Tuttavia, dal confronto con le città partner è emersa l'importanza non solo delle imprese in senso stretto, ma anche di tutte quelle organizzazioni (Nbo - *Nature based organization*) la cui attività è basata sulla natura, e che possono essere di proprietà pubblica o non avere entrate commerciali, come ad esempio agenzie o associazioni. Attualmente oltre centosettanta realtà hanno risposto al sondaggio, fra queste si contano anche diverse imprese del territorio metropolitano bolognese. I risultati sono in fase di elaborazione, ma da un'analisi preliminare [12] si rileva come il numero di operatori aumenti di anno in anno. La maggioranza degli intervistati si identifica come "for-profit" o ibrida (unendo aspetti anche non-profit). Altro dato importante è la fonte del fatturato: il settore privato si rileva essere importante tanto quanto il settore pubblico.

In un secondo momento è stato lanciato un ulteriore questionario di approfondimento per capire in che modo queste aziende sono state interessate dal Covid-19. È stata rilevata una grande divergenza nell'impatto: le imprese legate al cibo hanno visto aumentare l'interesse, mentre le Nbe legate all'edilizia o al settore pubblico si sono praticamente chiuse nottetempo, con tonnellate di piante lasciate ad avvizzire in attesa della riapertura [13].

Sempre sulla base dei primi dati raccolti, emerge come gli ostacoli che queste imprese devono affrontare sono sia interni che esterni. Le principali barriere esterne indicate sono la non conoscenza delle Nbs da parte dei decisori, la mancanza di attenzione ai criteri ambientali negli appalti pubblici, e l'assenza di politiche comuni volte a supportare le Nbs nel settore pub-

blico. Le principali barriere interne consistono in mancanza di risorse finanziarie, non sapere come misurare gli impatti, scarsità di risorse (sia umane che finanziari) per ricerca e sviluppo. D'altra parte i fattori abilitanti considerati più importanti sono la possibilità di accedere a forti reti nel settore, l'opportunità di formarsi e sviluppare competenze, la disponibilità di prove che dimostrano dell'efficacia delle soluzioni. Questi dati trovano conferma nei risultati del "Sustainable leadership in Europe Report" [14], dove emerge come molti manager pur dichiarandosi attenti ai principi e ai temi della sostenibilità, ne hanno una conoscenza solo superficiale. In un momento come quello attuale, risulta quindi importantissimo favorire la conoscenza e fornire riferimenti per promuovere la transizione verso un'economia più resiliente e sostenibile; si conferma inoltre anche l'incertezza sulla capacità di misurare e rendicontare l'impatto della sostenibilità.

5. Una piattaforma-vetrina per favorire innovazione aperta e nuove collaborazioni

In risposta alle barriere e ai fattori abilitanti individuati attraverso l'indagine, a ottobre 2020 il progetto lancerà la piattaforma "Connecting Nature Enterprise" per facilitare l'incontro di domanda e offerta nel campo delle Nbs. L'ambizione è che questa piattaforma diventi non solo un database geolocalizzato e globale per le Nbe, ma anche uno strumento per favorire nuove collaborazioni e innovazione aperta. A chi ha partecipato all'indagine è già stata data la possibilità di pre-registrarsi; nuove organizzazioni potranno registrarsi gratuitamente in qualsiasi momento. Gli utilizzatori target sono da un lato i fornitori, come imprese private, organizzazioni no-profit, imprese sociali; dall'altro ci sono anche gli acquirenti di prodotti e servizi: città, investitori privati, cittadini, oltre a enti di ricerca, enti finanziatori e responsabili politici.

La piattaforma sarà organizzata in comunità tematiche, moderate e animate da leader del settore, e vi contribuirà anche la Città metropolitana di Bologna. Queste comunità riuniranno imprese e organizzazioni su specifici interessi, dalla pianificazione e progettazione, al coinvolgimento delle comunità, dall'utilizzo di biomateriali alle tecnologie intelligenti, dai servizi finanziari a quelli di ricerca e sviluppo, così come approfondiranno specifiche tipologie di Nbs, da quelle legate al cibo e all'agricoltura, all'acqua, alle foreste e agli edifici.

Sulla piattaforma si potrà accedere a opportunità e risorse, utili a ispirare nuove idee e condividere conoscenze. Inoltre qualsiasi organizzazione potrà portare contributi, chiedere supporto e raccogliere idee innovative, partecipando a sfide (*challenge*), con l'obiettivo di favorire processi di innovazione aperta (*open innovation*), facilitare nuove collaborazioni, sia fra soggetti dello stesso territorio, che provenienti da città e aree diverse, promuovere l'adozione di nuove idee, processi innovativi, prodotti originali e servizi.

6. Come sarà il mondo post-Covid per le imprese green?

Questi primi risultati mostrano come le Nbe e più in generale le imprese green offrano un notevole potenziale in un ambiente post-Covid: a livello sociale e ambientale, e per creare nuovi posti di lavoro. Le Nbe offrono soluzioni sostenibili per trasformare spazi grigi in polmoni verdi per le città: un respiro di aria fresca e di possibilità di contatto con la natura per gli abitanti delle città e per le comunità nel loro insieme. Le imprese green rispondono alle nuove esigenze di mercato: richiesta di prodotti e servizi a basso impatto, salutari e riciclabili. Siamo di fronte a un momento cruciale in cui è possibile sviluppare un piano alternativo, che ci proietti in un futuro diverso e più sostenibile. Abbiamo l'opportunità di accelerare nuovi settori imprenditoriali: stimolare l'avvio di nuove imprese verdi e sostenere la riorganizzazione e la crescita delle imprese esistenti puntando su nuovi modelli di business sostenibili.

I decisori politici si trovano di fronte ad un evento eccezionale e grandi responsabilità: la crisi generata dal Covid-19 ha cambiato molte carte in tavola, ma anche reso disponibili grandi

risorse finanziarie per rispondere all'emergenza. Le risposte che sapranno dare condizioneranno in modo incisivo e per lungo tempo il futuro delle città, che dovranno confrontarsi con i debiti che i governanti sono oggi chiamati a contrarre.

Ognuno può però supportare la propria comunità verso un nuovo green new deal. Queste le principali conclusioni emerse dalle interviste e da un focus group a cui sono stati invitati gli attori chiave del territorio metropolitano allo scopo di analizzare i bisogni di chi vuole entrare nell'economia verde [15]. Un ruolo più forte potrebbe essere svolto dalle università: fornendo laureati qualificati, e soprattutto nel rafforzare la cooperazione in materia di ricerca e innovazione in aree tecnico-scientifiche di aziende che non facevano parte della comunità spin-off. Il ruolo pubblico potrebbe essere rafforzato da politiche pubbliche volte ad accrescere la consapevolezza del mercato, nonché incentivi, modifiche legislative o regolamentari e appalti pubblici ecologici sul territorio. Il settore pubblico può svolgere un ruolo guida nel dare l'esempio e fare investimenti che consentano un consumo e una mobilità più sostenibili, costruendo infrastrutture verdi, impegnandosi in acquisti verdi presso aziende locali e promuovendo la consapevolezza pubblica di prodotti e servizi che riducono l'impatto ambientale. Anche le strutture di sostegno alle imprese possono svolgere un ruolo chiave, in particolare nel fornire informazioni, formazione e supporto nel processo di richiesta di finanziamenti e incentivi pubblici. Allo stesso modo il ruolo degli investitori privati e delle banche dovrebbe essere rinnovato, per rispondere a un sistema economico e di innovazione più complesso: le banche possono avere un ruolo più centrale partecipando al processo di co-design di progetti innovativi, oltre a finanziarli.

Un passo in avanti è stato compiuto recentemente sul fronte pubblico: ad aprile 2020 il Ministero dell'Ambiente italiano ha pubblicato i criteri minimali ambientali (Cam) per la progettazione, gestione e fornitura prodotti relativi al verde pubblico [16]. Questo settore ha un impatto importante sia dal punto di vista economico sia sulla qualità della vita e sul benessere delle città e delle persone che vi vivono. La gestione del verde pubblico è affrontata in un'ottica ampia e strategica, ponendosi obiettivi di sostenibilità complessiva (ambientale, sanitaria, sociale ed economica), e favorendo un approccio "che copia" criteri e regole di natura Nbs, in un'ottica anche di circolarità. L'attuazione sistematica e omogenea dei nuovi Cam permetterà l'affermarsi di tecnologie e maggiormente sostenibili, generando un effetto leva sul mercato e stimolando gli operatori economici ad adeguarsi alle nuove richieste.

Se la percezione iniziale era che la crisi sanitaria avrebbe provocato una diminuzione degli investimenti nell'economia verde, gli attori locali hanno notato che le imprese sono ancora molto propense a investire in questo settore.

Anche a livello internazionale molte voci provenienti da governi, imprese e società civile chiedono una risposta che non distolga l'attenzione da altre sfide globali come il cambiamento climatico e l'inquinamento, e invitano a ripartire su una strada diversa, più verde, e non inciampare negli errori precedenti. Marcus Collier, professore presso il Trinity College di Dublino e coordinatore del progetto Connecting Nature, invita a una nuova determinazione citando J. F. Kennedy (1959): "I cinesi usano due pennellate per scrivere la parola *crisi*; una pennellata rappresenta un pericolo, l'altra è un'opportunità. In una crisi, sii consapevole del pericolo, ma riconosci l'opportunità" [17].

Bibliografia

- [1] Dinerstein E., Vynne C., Sala E., Joshi A.R., Fernando S., Lovejoy T.E., Mayorga J., (...), Wikramanayake E. (2019) , A Global Deal for Nature: Guiding principles, milestones, and targets, *Science Advances*, 5 (4) , art. no. eaaw2869.
- [2] Etienne Bassot (2020), The von der Leyen Commission's priorities for 2019-2024, Briefing, European Union.
- [3] Romanelli, C.; Cooper, D.; Campbell-Lendrum, D.; Maiero, M.; Karesh, W.B.; Hunter, D.; Golden,

- C.D. (2015), Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. A State of Knowledge Review, WHO/CBD 344p. ISBN 978 92 4 150853 7
- [4] Isabella Pratesi, acura di (2020), Pandemie, l'effetto boomerang della distruzione degli ecosistemi, Wwf Italia Onlus.
- [5] Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - "Think Small First" - A "Small Business Act" for Europe {SEC(2008) 2101} {SEC(2008) 2102} /* COM/2008/0394 final
- [6] Art-ER, a cura di (2019) Aggiornamento dati dell'Osservatorio greenER, Osservatorio greeER.
- [7] Nomisma (2020), GREen Startup Support. Survey report, *Working Paper*.
- [8] Città metropolitana di Bologna (2017), Carta di Bologna per l'Ambiente. Le Città metropolitane per lo sviluppo sostenibile.
- [9] Città metropolitana di Bologna (2020), Piano Territoriale metropolitano. Documenti di piano.
- [10] Carlo Calfapietra (2020), Nature-based Solutions for microclimate regulation and air quality. Analysis of EU-funded projects. Independent Expert report, European Commission. Directorate-General for Research and Innovation
- [11] IUCN (2020). Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.
- [12] S. McQuaid, E. Kooijman (2020), Research findings about nature-based enterprises, Infographic Nbe research, Connecting Nature, <https://connectingnature.eu/nature-based-enterprises-0>
- [13] S. McQuaid (2020), Post-COVID – an opportunity for a new type of business?, *The Nature of Cities*, <https://www.thenatureofcities.com>
- [14] A. Pastore, A. Massacesi (2020), Sustainable Leadership in Europe. Research Report, CEC European Managers.
- [15] Città metropolitana di Bologna (2020), Gress Report sul 3° incontro locale degli Stakeholder, Bologna 18 giugno 2020, *Working Paper*.
- [16] Decreto del 10 marzo 2020 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio "Criteri ambientali minimi per il servizio di gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde".
- [17] M. Collier (2020), Covid has upended all the normal routines in our lives and work, *The Nature of Cities*, <https://www.thenatureofcities.com>

AIR QUALITY

LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR DA TEMATICA INVISIBILE A TEMATICA EMERGENTE PER LA COMPETITIVITÀ DEL PAESE: IL QUADRO LEGISLATIVO, LO STATO DELLE CONOSCENZE E LE AZIONI DI PREVENZIONE DELLA SALUTE

Oggi la qualità della qualità dell'aria indoor rappresenta sempre più una sfida attuale e futura per tutti i livelli di governo (dai Comuni alle Regioni ai Ministeri Salute, dell'Istruzione e della Ricerca Scientifica, e del Lavoro e delle Politiche Sociali), per il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) e per l'industria, visto il forte impatto sulla salute della popolazione.

È una tematica che pone una serie di domande a cui i governi, l'industria, la ricerca, i consulenti, i tecnici e le università sono chiamati a rispondere anche alla luce delle attività elaborate dall'UE e dalla WHO.

La sessione pone l'accento su quanto si sta facendo sia a livello legislativo che di prevenzione in Italia e in Europa sulla tematica della qualità dell'aria indoor.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico Ecomondo e Istituto Superiore di Sanità**

Presidenti di sessione:

- Gaetano Settimo, *Istituto Superiore di Sanità*
- Gianluigi De Gennaro, *Università di Bari*

Azioni basate sulle teorie di cambiamento comportamentale per il benessere *indoor* ed Efficienza Energetica

Patrizia Aversa, patrizia.aversa@enea.it, ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), CR Brindisi; Mario Diana, mario.diana@enea.it, Anna Amato, anna.amato@enea.it, ENEA, CR Casaccia, Roma

Riassunto

Negli ultimi anni in Italia, come oltre confine, sta emergendo l'interesse a spostare lo sguardo verso l'agire e lo scegliere umano quale nuova frontiera, campo di studio e applicazione, non solo per raggiungere risparmi di risorse, ma anche per migliorare la nostra qualità di vita. La relazione presenta brevemente un esempio di come tecnologie innovative, associate ad azioni di persuasione e informazione, possano "far breccia" e condurre all'instaurazione di nuovi e più proficui comportamenti nell'ambito della gestione della qualità dell'aria in ambiti circoscritti (scuole) e di conseguenza a un miglioramento dei livelli di salute per chi li attua, ma non solo per essi. Infatti, la capacità di far propri questi nuovi modi di agire, incorporandoli e replicandoli nel tempo, li rende, con alta probabilità, passibili di essere imitati e riprodotti altrove e da altri [1] ubbidendo così a quella particolare modalità di contagio, viralità, che poggia sulla nostra attitudine ad apprendere nuove forme, modi e organizzazioni del vivere quotidiano (cultura), per semplice "esposizione" ai contesti sociali in cui abitualmente si vive e ci si muove.

Summary

In recent years in Italy, as well as abroad, the interest to shift our gaze towards human action and choice has been emerging as a new frontier, field of study and application, not only to achieve savings in resources but also to improve our quality of life. This short report presents an example of how innovative technologies associated with persuasion and information actions, can "break through" and lead to the establishment of new and more profitable behaviors in the area of indoor air quality management (schools) and consequently to an improvement in health levels for those who implement them, not only for them. In fact, the ability to learn and "embody" these new ways of acting, replicating them over time, makes them, with a high probability, liable to be imitated and reproduced elsewhere and by others; thus obeying that particular mode of contagion, "virality", which is based on our aptitude to learn new forms, ways and organizations of everyday life (culture), by simple "exposure" to the social contexts in which we usually live and move.

1. Introduzione

La teoria della pratica, una prospettiva antropologica sulla (ri)produzione dei comportamenti

Partendo da un noto studio sulla (ri)produzione socioculturale dei comportamenti umani [2], si evidenzia, in termini generali, la presenza di un dinamismo, mentale e fisico, teorico e pratico allo stesso tempo, nelle relazioni umane quotidiane. Il lavoro vuole portare l'attenzione, quindi, sulla possibilità, sempre presente, di apprendimento di nuove abitudini, *routines*; ciò a partire dall'idea centrale della partecipazione concreta a nuove *pratiche* che possano fungere da leva, da "supporto pedagogico" all'acquisizione di diverse posture e *performances* (cioè modi d'utilizzare il e muoverci col nostro corpo tra gli altri e con esso tra/con gli oggetti che ci circondano, che usiamo o con cui veniamo in contatto). L'adozione di tale approccio si rivela strategico per la progettazione d'interventi volti a promuovere il miglioramento della salubrità degli ambienti in cui viviamo. Quello che si sta cercando di realizzare è l'elaborazione di una procedura per l'attuazione di percorsi con gli studenti delle scuole e di modelli replicabili, attraverso lo sviluppo di nuovi sistemi, la selezione degli strumenti più efficaci, la messa a punto di una sorta di "standardizzazione", seppur nei limiti e lasciando ampi margini di flessibilità.

2. Relazione

2.1 Cos'è un programma di cambiamento comportamentale. Caratteristiche, scopi, leve e metodi di valutazione

I programmi di *behaviour change* sono iniziative che, per il loro successo, poggiano su strategie (driver) mutate da studi e intuizioni provenienti da più ambiti disciplinari nel campo delle scienze sociali e umane. Si tratta di conclusioni o spunti di riflessione teorica e metodologica intorno al tema del comportamento umano, elaborati in ambiti scientifici quali quelli della psicologia sociale o ambientale, della scienza della comunicazione e soprattutto della più recente economia comportamentale.

Esiste ormai in letteratura un'esauritiva classificazione delle principali strategie da poter sfruttare, nonché delle barriere da superare per il raggiungimento degli obbiettivi [3] [4]. Per ognuna di queste proposte rimane comunque la necessità di una conoscenza preliminare, il più possibile effettiva, della realtà socioculturale entro e verso cui le stesse dovranno esser poi rivolte (TARGET).

Auspiciabilmente, partendo dal concetto della trasmissibilità, diffusione delle nuove abitudini acquisite, i risultati localmente e temporalmente raggiunti da programmi di cambiamento comportamentale potrebbero avere un effetto di contagio virale verso altri settori di attività sociale non primariamente coinvolti (ad es. nuovi comportamenti appresi in ambito scolastico potrebbero esser replicati e imitati altrove, come in ambienti domestici, ecc.). Una delle rivoluzioni "copernicane" proposte dalla teoria del *Behaviour Change* poggia, infatti, sull'idea di considerare le scelte quotidiane di ognuno di noi, fuori da uno schema razionale e utilitarista, tipico della microeconomia neoclassica e fondate al contrario sull'esperienza (euristiche), come il semplice imitare l'agire e/o scegliere degli altri [5] [6] [7] [8] [9].

Un discorso finale merita la necessità di seguire metodi rigorosi e replicabili per la valutazione scientifica dei risultati progettuali. A tal fine si sono sviluppati, riprendendoli da altri campi applicativi, procedimenti di analisi in grado di attribuire con sufficiente rigorosità la validità delle strategie introdotte quali variabili a cui direttamente imputare la riuscita o meno delle iniziative. Il metodo (*randomized control trial*) [10] prevede sostanzialmente l'utilizzo di ampi campioni selezionati casualmente, in modo da essere inizialmente (prima dell'intervento) il più possibile omogenei tra loro, oltre a lunghi periodi di follow-up di analisi. Sulla base di quanto succintamente esposto, passiamo all'esame di un caso concreto.

2.2 L'esperienza nelle scuole

L'ENEA ha messo a punto delle metodologie per la valutazione del comfort termo-igrometri-

co e della qualità dell'aria indoor e dal 2013 conduce campagne sperimentali all'interno delle scuole, utilizzando reti di sensori specifici per la misura di Temperatura, Umidità, CO₂, NO_x, CO, COVs. La prima esperienza è nata nell'ambito del progetto EFFEDIL [11], che aveva tra gli obiettivi lo sviluppo di soluzioni sostenibili per il miglioramento dell'efficienza energetica, accompagnandole a un protocollo sperimentale per la verifica dei risultati degli interventi di riqualificazione e, inoltre, la divulgazione dei temi relativi all'efficienza energetica. Il coinvolgimento attivo degli studenti e il feedback ottenuto hanno stimolato l'avvio di numerose iniziative simili e la ricerca di nuove opportunità per collaborare con le scuole, attraverso giornate dedicate, stages, percorsi di Alternanza Scuola Lavoro, etc.

Molteplici e abbastanza ovvie sono le ragioni per le quali si è deciso di operare nelle scuole, come descritto sopra, soprattutto per l'impatto che permettono di raggiungere, per il valore reale e simbolico che gli autori attribuiscono a esse, ma anche perché il luogo si presta perfettamente allo studio delle conseguenze del comfort e della qualità dell'aria in un ambiente confinato. Il monitoraggio delle infrastrutture pubbliche, in particolare nelle strutture scolastiche, ha dimostrato come la "sindrome da edificio malato" possa causare anche il calo di attenzione all'apprendimento o all'attività lavorativa, oppure l'insorgenza e/o l'acuirsi di patologie quali allergie, malattie respiratorie e mal di testa nei soggetti più vulnerabili [12] [13] [14]. Per questo motivo, la qualità dell'aria dell'ambiente scolastico, che si stima frequentato da una popolazione di 9.726.977 unità tra studenti, docenti e personale amministrativo, ha ricevuto negli ultimi anni anche in Italia un'attenzione particolare, in considerazione del fatto che i bambini trascorrono la maggior parte del loro tempo in ambienti chiusi, a casa o in aula [15]. L'inquinamento dell'aria interna nelle scuole è un effetto combinato di fattori fisici, chimici e biologici e dipende anche dal livello di ventilazione ambientale. Inoltre, il tema della ventilazione, attualmente è noto anche ad una platea più ampia, per il suo ruolo centrale nelle strategie di contrasto alla pandemia SARS-CoV-19. Gli studi mostrano che l'aria delle aule scolastiche è spesso di scarsa qualità, con livelli di CO₂ che superano i 2000/3000 ppm, con la presenza di COV, PM 2,5 µm e muffe (causata, ad esempio, da materiali utilizzati per la ristrutturazione, da una scarsa manutenzione, dall'uso di detersivi non sempre adeguati alle superfici da disinfettare, dal contributo outdoor, dalla presenza di animali e da stili di vita personali) [16]. La metodologia di valutazione del comfort e della qualità dell'aria indoor è stata sviluppata dagli autori [17], attraverso una campagna sperimentale in situ e con l'utilizzo di una rete di sensori specifici [18], oltre a un periodo di informazione/formazione attiva relativamente alle tematiche dell'inquinamento indoor, con l'obiettivo di far adottare responsabilmente buone pratiche per la salubrità. Il percorso ha previsto la compilazione da parte degli studenti di diari giornalieri e di schede di rilievo quotidiano per sincronizzare al meglio i dati registrati attraverso la rete di sensori.

Negli studi condotti in scuole ubicate in aree periferiche delle regioni Puglia, Marche e Lazio, è stato adottato nel tempo un approccio sempre più speditivo verso una fascia di età scolastica più alta e, quindi, dalla velocità di apprendimento più elevata a seconda dei target considerati. È stato adottato il metodo di campionamento attivo, con una rete di sensori man mano sempre più miniaturizzati, poco invasivi, dai costi contenuti, allo scopo di incentivarne l'utilizzo, ma soprattutto di verificare, nel corso di studi annuali, il risultato dei comportamenti modificati in seguito al percorso di informazione/formazione.

Più avanti sono riportati, a titolo esemplificativo, dei grafici che indicano l'andamento delle temperature interne dei valori di CO₂ e dei COVs, in aula durante le ore di lezione, in relazione alla corretta attività di ventilazione naturale, alla temperatura esterna monitorata e alla tipologia di apertura delle finestre.

I rilievi sperimentali effettuati in edifici scolastici periferici, distanti da siti industriali e da arterie di traffico intenso, mostrano come i valori di CO₂ siano inferiori a quelli generalmente

rilevati nelle aule, grazie ai ricambi di aria corretti. La gestione consapevole della ventilazione, infatti, è riuscita a mantenere i valori della CO_2 al di sotto dei 1000 ppm, così come riportato nel grafico 1, lo stesso viene registrato per i valori dei COVs che presentano qualche variazione di poco superiore ai $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in concomitanza delle attività ricreative. Le esperienze documentate mostrano come i maggiori picchi di CO_2 si registrino generalmente a metà mattinata, in assenza di adeguata ventilazione, all'inizio delle attività ricreative e/o al rientro da attività motorie. Si osserva che, grazie alla corretta modalità di ventilazione, il valore di temperatura interna mantiene un adeguato e costante valore superiore di circa 22°C , pur registrandosi all'esterno temperature anche di poco superiori ai 5°C (fig. 3).

I risultati preliminari ottenuti in questa campagna di acquisizione non solo hanno permesso di rappresentare informazioni sullo stato di salute dell'ambiente indagato, ma hanno aperto nuovi interrogativi e considerazioni che vedono coinvolto un cambiamento comportamentale: l'augurio che i risultati raggiunti possano diffondersi, moltiplicarsi, diventare *vitali* [2]. Consolidata la conoscenza per ridurre il rischio chimico indoor è necessario un passo successivo che rinsaldi il perdurare della conoscenza e degli atteggiamenti acquisiti per promuovere comportamenti responsabili. Esperienze in tal senso sono state avviate nell'ambito del Programma nazionale di Informazione e Formazione sull'efficienza energetica [19] promosso dal Ministero dello Sviluppo Economico e realizzato dall'Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica dell'ENEA.

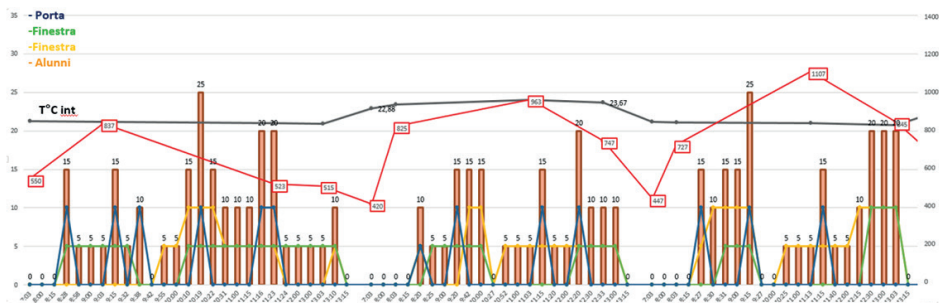


Fig. 1 – Il grafico riporta i rilevamenti settimanali eseguiti in aula. Per gli infissi, il valore 0 indica chiusura, il valore 5 indica apertura a metà, 10 apertura totale. Il tempo di apertura viene letto nell'asse delle ordinate, per es. dalle ore 8.28 fino alle 9.32, una delle due finestre è rimasta semiaperta.

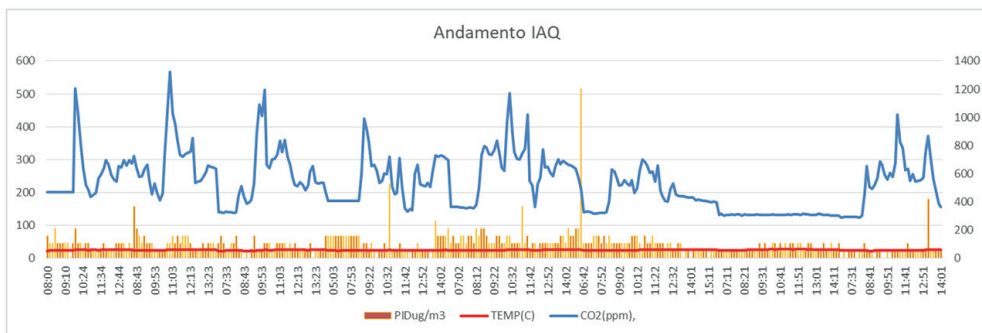


Fig. 2 – La figura mostra l'andamento dei COVs nei rilevamenti settimanali

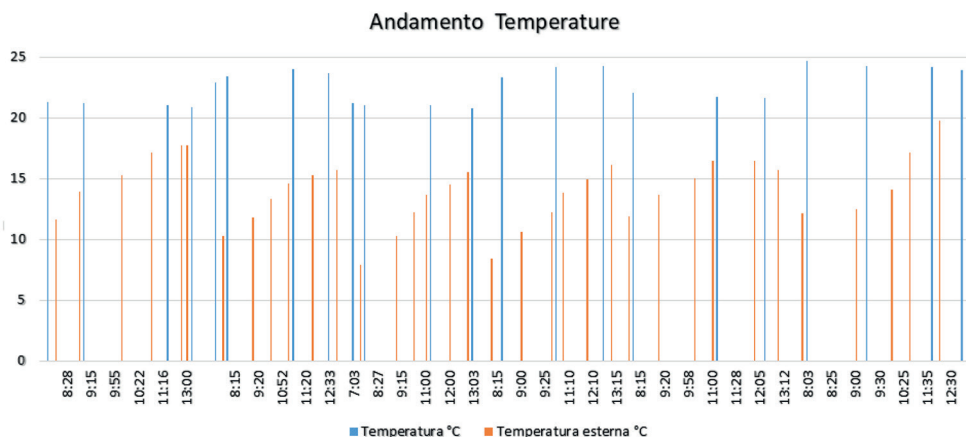


Fig. 3 – La figura mostra come grazie a una corretta ventilazione sia possibile mantenere in aula una temperatura costante.

3. Conclusioni

La promozione di un nuovo comportamento è un percorso a ostacoli il cui risultato non è mai scontato: anche quando le strategie adottate riescono a modificare l’atteggiamento su una determinata tematica, non sempre il cambiamento che ne consegue corrisponde all’adozione di nuovi comportamenti duraturi.

Inoltre, anche nel caso in cui si riesca a individuare una strategia efficace nel promuovere un comportamento sostenibile in un gruppo di persone, non è detto che la stessa strategia possa essere generalizzata e replicata per altri o che risulti efficace sul lungo periodo. Malgrado queste difficoltà, emerge la necessità di operare nella direzione di “modellare” nuovi comportamenti in grado di ottimizzare gli usi energetici quotidiani in più aspetti, settori e ambienti dell’agire umano.

Bibliografia

- [1] AA.VV, <https://www.fondazioneancarlo.it/conferenza/la-mimesi-nel-gesto-e-nel-rituale/>
- [2] Bourdieu P. [1972] “Esquisse d’une théorie de la pratique”
- [3] Inghilleri P., Boffi M., Pola L., Rainisio N. [2020] “I comportamenti energetici in ambito domestico” Agenzia Nazionale Efficienza Energetica
- [4] AA.VV, <https://www.aceee.org/research-report/b1601>
- [5] Tversky A. [1969] “Intransitivity of Preferences”, in “Psychological Review”, 76 pp. 105;
- [6] Tversky A., & Kahneman D. [1981] “The Framing of Decisions and the Rationality of Choice”, in “Science”, 211, pp. 453-458
- [7] Angner E. [2017] “ECONOMIA COMPORTAMENTALE, Guida alla teoria della scelta”
- [8] Thaler R., Sunstein C. [2015] “La Spinta Gentile, la nuova strategia per migliorare le nostre decisioni su denaro, salute, felicità”
- [9] AA.VV. [2017] “CAMBIAMENTO COMPORTAMENTALE ED EFFICIENZA ENERGETICA” - Report Stati Generali Efficienza Energetica 2017
- [10] Frederiks E.R., Stennder K., Hobman E.V., Fischle M. [2016] “Evaluating energy behavior change programs using randomized controlled trials: Best practice guidelines for policymakers”, in “Energy research & Social Science”, p. 147
- [11] PON EFFEDIL (EFFicient Energy buildIng Innovative soLutions, contratto PON02_00323_2938699,)
- [12] Mendel M.J., [2007] “Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review”;

- [13] **Holgate S.**, et al.[2020] “The Inside story RCPCH”
- [14] **Vassura I., Ventrini E., Bernardi E., Passarini F., Settimo G.** [2015] “Assessment of indoor pollution in a school through both passive and continuous sampling”
- [15] **Capolongo S., Buffoli M., Capasso L., Faggioli A., Moscato U., Oliberti I., Petronio M.G., D’Alessandro D.** [2015] “Decalogo SItI per una casa sana e sicura e linee d’indirizzo per la programmazione”
- [16] **Mendell M. J.**, [2004] “A Heath, Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature”
- [17] **Aversa P., Camporeale G., Pfister V., Luprano V.**, [2016] “Metodologia per la valutazione del comfort e qualità dell’aria negli ambienti indoor scolastici soggetti a riqualificazione energetica”, Atti convegno Ecomondo
- [18] **Aversa P., Settimo G., Gorgoglione M., Bucci E., Padula G., and De Marco A.** [2019] “A case study of indoor air quality in a classroom by comparing passive and continuous monitoring”, Environmental Engineering and Management Journal
- [19] ITALIA IN CLASSE A, campagna nazionale per l’Efficienza Energetica dell’ENEA, promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico e realizzata dall’Agenzia Nazionale in applicazione dell’art.13 del D.Lgs. 102/2014, <http://italiainclassea.enea.it/programma/>

Pandemia da CoVid-19 e *lockdown*: qualità dell'aria indoor e conseguenze sociali e psicologiche della convivenza forzata

Silvia Brini silvia.brini@isprambiente.it, Giuliana Giardi, Elisabetta De Maio, Francesca De Maio, Arianna Lepore – Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma

Riassunto

Il lockdown per il contenimento dell'epidemia CoViD-19, ha comportato significativi cambiamenti nello stile di vita che hanno influito sulla qualità dell'aria indoor e outdoor e hanno provocato impatti importanti sul benessere psicologico. La pandemia ha fatto registrare conseguenze talmente gravi sulla salute mentale, che l'OMS ha riconosciuto come elemento prioritario proprio la cura della salute mentale. Due recenti review riportano un aumento di disturbi psicologici: paura, rabbia, stress, ansia, insonnia, depressione e sintomi post-traumatici nonché l'aumento della violenza di genere (solo in Cina i casi sono triplicati). Pur se l'eterogeneità degli studi e delle metodologie utilizzate nelle ricerche, a cui si sommano diversità dei fattori culturali, economici e sociali, condiziona il raggiungimento di conclusioni generali, la letteratura suggerisce indicazioni per gestire le situazioni di criticità e sottolinea l'importanza di una diffusa implementazione nell'uso delle nuove tecnologie nel campo della comunicazione e in quello medico e terapeutico.

Summary

The lockdown for the containment of the CoViD-19 epidemic has led to major lifestyle changes that have affected indoor and outdoor air quality and have caused great impacts on psychological well-being. The pandemic has had such serious consequences on mental health that the WHO has recognized mental health care as a priority. Two recent reviews report an increase in psychological disorders: fear, anger, stress, anxiety, insomnia, depression and post-traumatic symptoms as well as an increase in gender-based violence (in China alone cases have tripled). Although the heterogeneity of studies and methodologies used in research, of cultural, economic and social factors, affects the achievement of general conclusions, the studies suggest measures to deal with critical situations and highlight the importance of a widespread use of new technologies in communications, medical and therapeutic fields.

1. Introduzione

Il CoViD-19, la malattia provocata dal nuovo ceppo di coronavirus SARS-CoV-2, è stata definita dall'Organizzazione Mondiale della Sanità - OMS (WHO) una pandemia, un'emergenza di sanità pubblica di interesse globale¹. Il virus si è diffuso dalla Cina in tutto il pianeta,

¹ La dichiarazione dell'OMS è disponibile on-line al seguente link: <https://bit.ly/2zc56Vk>

dimostrando di essere una minaccia di grande portata per la salute fisica e mentale a livello mondiale, interessando fin da subito, anche il nostro territorio nazionale. La maggioranza dei governi, basandosi proprio sulle indicazioni del WHO, ha deciso di imporre alla popolazione uno stato di isolamento o di semi-isolamento forzato, per cercare di arginare, quanto più possibile il numero di contagi.

Il confinamento obbligato ha determinato che la maggior parte della popolazione trascorresse la totalità del proprio tempo non solo in ambiente *indoor*, ma unicamente all'interno delle proprie abitazioni. Una buona qualità dell'aria *indoor* è fondamentale ai fini della salute e benessere degli occupanti. L'aumento delle attività e del tempo trascorso nelle abitazioni, se non accompagnato da accorgimenti ad hoc, quali un'adeguata ventilazione, può aver causato un incremento di inquinanti chimici quali COV (Composto Organici Volatili), PM (Particulate Matter), IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) che, come è noto, sono dannosi per la salute [1].

Il *lockdown*, conseguente alle misure di contenimento dell'epidemia CoViD-19, ha comportato un significativo cambiamento nello stile di vita dei cittadini. La convivenza forzata, la limitazione dello svolgimento delle attività quotidiane, il blocco della circolazione e delle attività di interi settori produttivi, potrebbero aver influito sulla qualità dell'aria *indoor* e *outdoor*, sul rapporto *indoor/outdoor* dei singoli inquinanti e sull'esposizione. È inoltre noto da tempo che la quarantena per il contenimento del contagio, l'isolamento e il distanziamento sociale provocano impatti importanti sul benessere psicologico della popolazione [2]. La quarantena e la convivenza forzata da CoVid hanno determinato un aumento di disturbi psicologici: paura, rabbia, stress, ansia, insonnia, depressione e sintomi post-traumatici [3] e l'aumento della violenza di genere (solo in Cina i casi sono triplicati) [4]. La centralità della tematica e la sua diffusione su scala mondiale risultano evidenti dall'elevato numero di pubblicazioni in materia, ma l'eterogeneità degli studi e delle metodologie utilizzate nelle ricerche, a cui si sommano la diversità dei fattori culturali, economici e sociali, condizionano la capacità di raggiungere conclusioni generali. Tuttavia l'importanza dell'implementazione dell'uso delle nuove tecnologie, non solo nel campo della comunicazione, ma anche in quello medico e terapeutico, risulta evidente.

2. Gli effetti del lock-down sulla qualità della vita

Di seguito saranno approfonditi tre fra gli effetti del *lockdown* sulla qualità della vita delle persone: gli effetti sulla qualità dell'aria *indoor*, gli effetti sugli aspetti sociali e psicologici dei cittadini, gli effetti sulla violenza di genere. Va detto che per quanto riguarda le variazioni delle concentrazioni di inquinanti dell'aria *indoor*, non sono presenti in letteratura studi significativi mentre c'è grande produzione scientifica su aspetti sociali, psicologici e violenza di genere.

2.1 Inquinamento dell'aria indoor

Come era già noto nel periodo pre-CoViD-19, nei paesi occidentali, la popolazione trascorre la maggior parte del proprio tempo - oltre il 90% - in ambienti confinati [5]. Durante il *lockdown*, il tempo di permanenza nelle abitazioni ha raggiunto, per la maggior parte delle persone, il 100% del tempo giornaliero. A partire dalla conoscenza della qualità dell'aria *indoor* nel periodo pre-CoViD e delle principali sorgenti [6] [7] nonché dell'influenza degli stili di vita nelle abitazioni è possibile fare alcune considerazioni sulle conseguenze del *lockdown*, da verificare in base ai risultati sperimentali. Comportamenti consapevoli e conseguenti adeguati stili di vita possono portare ad un controllo delle fonti di emissione degli inquinanti; si pensi all'abitudine al fumo, alla presenza di umidità nelle abitazioni o a una inadeguata gestione degli impianti di condizionamento [8], tutte fonti di inquinamento *indoor* che determinano un

rischio di insorgenza di problemi sanitari per gli abitanti. Costretti a trascorrere la totalità del tempo in casa, gli occupanti hanno fortemente alterato le proprie attività, le abitudini e gli stili di vita: sono aumentate notevolmente le attività di pulizia, di cottura dei cibi e le attività legate all'hobbistica, ossia attività che rappresentano possibili fonti di inquinamento dell'aria *indoor*. I prodotti per la pulizia e per il bricolage (ad es. colle, vernici e solventi) sono riconosciuti come una fonte di COV e rappresentano, quindi, un fattore di rischio per la salute delle vie respiratorie. La cottura dei cibi può rilasciare nell'ambiente materiale particolato e prodotti di combustione come biossido di azoto (NO₂) e di zolfo (SO₂).

Gli studi sulla qualità dell'aria *indoor* in ambienti specifici quali le abitazioni, hanno analizzato alcune caratteristiche degli edifici (ubicazione, qualità dell'edificio, il volume, la ventilazione e i comportamenti degli occupanti), determinanti per la IAQ (*Indoor Air Quality*). Gli studi più recenti condotti nei paesi occidentali si sono posti l'obiettivo di valutare l'impatto degli interventi di efficientamento energetico degli edifici sulla qualità dell'aria *indoor*, dando evidenza di come possono influenzare le concentrazioni degli inquinanti. [9] [10]. Per i loro possibili effetti avversi sulla salute [1], i principali inquinanti analizzati sono stati i COV, correlati all'utilizzo di detersivi per la casa, arredi, materiali da costruzione, deodoranti per ambienti; il PM [11] e gli IPA, legati prevalentemente alla tipologia del riscaldamento, al traffico, al fumo di sigaretta e alla cottura dei cibi [12]. Per tali inquinanti sono stati riscontrati in diversi casi elevati livelli di concentrazione *indoor* [13] [14] ed è quindi possibile che nel periodo di *lockdown* l'aumento delle attività abbia portato ad ulteriori incrementi. È pertanto importante, per ridurre le concentrazioni di inquinanti chimici *indoor* (COV, PM, IPA, etc.) e il rischio di insorgenza di sintomi respiratori e allergici, sia garantire una corretta ventilazione [15] e un'adeguata manutenzione degli impianti di ventilazione.

L'aumento stesso del numero degli occupanti potrebbe aver influito sulla qualità dell'aria interna determinando un aumento delle concentrazioni degli inquinanti di origine indoor che per essere limitate avrebbe necessitato di una ventilazione adeguata ma può essersi verificato il timore di essere esposti all'aria esterna, percepita come una fonte di CoViD-19, limitando il ricambio dell'aria [16]. D'altro canto, il confinamento della popolazione ha portato anche alla diminuzione di emissioni di inquinanti atmosferici [17]. I dati dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA) confermano nei Paesi europei forti diminuzioni delle concentrazioni di sostanze inquinanti, in particolare le concentrazioni di NO₂ in gran parte a causa della riduzione del traffico e di altre attività, soprattutto nelle principali città durante il *lockdown*. In alcune località si sono registrate riduzioni di circa la metà [18]. Nel bacino padano, le concentrazioni di benzene e ossidi di azoto (NO_x), hanno mostrato cali importanti sia rispetto ai mesi di marzo 2016-2019 sia rispetto ai periodi precedenti il *lockdown* registrando diminuzioni fino al 33% per il benzene e fino al 38% per NO₂. I valori di PM₁₀ registrati nel mese di marzo sono risultati mediamente inferiori rispetto agli anni precedenti con una rilevante diminuzione dei valori massimi [19]. Considerando che una delle fonti di inquinamento indoor è l'aria proveniente dall'esterno, è presumibile che durante il *lockdown* l'infiltrazione dell'aria *outdoor* abbia contribuito in misura minore all'inquinamento negli ambienti confinati facendo ridurre le concentrazioni di COV, NO₂ e in taluni casi di PM da sorgente *outdoor*. Fino a quando non saranno disponibili trattamenti farmacologici o vaccini efficaci per fermare la pandemia in corso, potenziare il ricambio dell'aria negli ambienti *indoor* continua a essere un elemento chiave nel limitare la diffusione del virus tra gli occupanti, soprattutto nel caso in cui non sia possibile ridurre al minimo il numero di persone all'interno dello stesso ambiente [20].

2.2 Conseguenze sociali e psicologiche

All'ipotizzato aumento delle concentrazioni di alcuni inquinanti indoor si aggiungono le con-

seguenze sociali e psicologiche che hanno inciso sul benessere delle persone. La quarantena² [21] e l'isolamento³ [22] sono provvedimenti che nascono dall'esigenza di proteggere la salute dei cittadini in caso di malattie trasmissibili ma che innescano, inevitabilmente, processi conflittuali andando a ridimensionare l'autonomia del singolo in termini di privacy e libertà personali [23]. La condizione di confinamento dentro le proprie abitazioni, la forte limitazione della mobilità, le conseguenze sanitarie che alimentano il senso diffuso di rischio di contagio per se stessi e per i propri familiari, le difficoltà economiche, attuali e future, producono effetti impattanti sul benessere e sull'equilibrio anche delle reti relazionali, prima su tutte quella familiare, che subiscono importanti cambiamenti legati proprio a questa nuova forma di convivenza forzata.

I dati di una *rapid review*⁴ [2] riferita all'impatto psicologico delle quarantene causate da epidemie precedenti, riporta sintomi da stress post-traumatico (legati alla durata del periodo di quarantena, alla paura delle possibili infezioni, a frustrazione e noia, alle forniture insufficienti di beni primari, a informazioni inadeguate, a problemi economici e alla stigmatizzazione (una questione piuttosto grave che può condurre anche persone malate a non farsi curare per paura di essere giudicati dal resto della popolazione)), confusione e rabbia. Alcuni di questi effetti hanno fatto registrare ripercussioni di lunga durata sugli individui costretti alla quarantena, con presenza di sintomi da stress post-traumatico anche 3 anni dopo la fine dell'epidemia. I risultati generali riportano un'alta prevalenza di sintomi di disagio e disturbo psicologico (disturbi psicologici generali, disturbo emotivo, depressione, stress, malumore, irritabilità, insonnia, sintomi dello stress post-traumatico, rabbia ed esaurimento emotivo). I disturbi che hanno fatto registrare percentuali maggiori sono il malumore (73%) e l'irritabilità (57%). La paura supera il 20%, il nervosismo e la tristezza sono pari entrambi al 18%, il 10% ha manifestato senso di colpa. Un numero esiguo delle persone esaminate ha segnalato sensazioni positive come felicità (5%) e sollievo (4%). I risultati degli studi qualitativi riportano criticità simili: dalla confusione, paura e rabbia, fino ad arrivare al dolore, intorpidimento e insonnia legata a stati di ansia.

Per quanto riguarda invece i fattori di stress individuati nel periodo successivo alla fine delle epidemie e quindi della quarantena, se ne segnalano principalmente due: problemi economici e perdite finanziarie (le persone più colpite sono coloro che hanno un reddito familiare basso, che se non sostenuti da una politica efficace di assistenza finanziaria, possono vivere situazioni molto stressanti e conflittuali) e la stigmatizzazione.

Per quanto concerne la situazione attuale, la pandemia da CoViD-19 si è dimostrata essere una minaccia per la tenuta dei sistemi sanitari e sociali pubblici, e non solo per la salute fisica dei cittadini, e ha fatto registrare conseguenze così gravi sulla salute mentale degli individui che la WHO ha riconosciuto la cura della salute mentale come elemento prioritario⁵. In una recente *review* [3] si dimostra come la quarantena e la convivenza forzata abbiano provocato un aumento di reazioni psicologiche nella popolazione. Tra gli studi inclusi nella review: 7 sono relativi alla popolazione generale cinese; 5 agli operatori sanitari (sempre in Cina) e 3 a

² Sull'evoluzione del concetto di quarantena nella storia cfr. [21]

³ Sulla differenza di significato dei termini cfr. [22]

⁴ La scelta di effettuare una revisione rapida ha seguito le indicazioni date dal WHO nel 2017, per situazioni difficili come questa, in cui la classe dirigente ha necessità di informazioni autorevoli per poter prendere delle decisioni che tutelino la popolazione, cercando di ridurre al minimo gli effetti negativi (es: suicidi, episodi di rabbia e cause legali) di scelte drastiche come sono la quarantena, l'isolamento e il distanziamento sociale.

⁵ World Health Organization. *Statement on the second meeting of the International Health Regulations 2005*. Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). Jan 30, 2020. <https://bit.ly/2zc56Vk>.

Per ulteriori informazioni cfr anche Rapporto ISS COVID-19 n. 23/2020 - Indicazioni di un programma di intervento dei Dipartimenti di Salute Mentale per la gestione dell'impatto dell'epidemia COVID-19 sulla salute mentale. Versione del 6 maggio 2020.

soggetti colpiti dal virus (due studi cinesi e uno vietnamita). A livello generale è risultato che la popolazione cinese (in un range che va dal 7% al 53,8%) ha subito un disagio psicologico, classificato tra lieve e moderato, durante la fase iniziale del CoVid. Le risposte psicologiche negative più diffuse sono state: ansia, insicurezza, depressione e stress; a cui si sono aggiunti altri sintomi quali: insonnia, preoccupazione, fobie e comportamenti compulsivi. Tra la popolazione i più colpiti sono risultati essere i giovani e le donne. Anche per quanto riguarda le altre categorie di soggetti analizzati, si sono registrati sintomi psicologici negativi: la depressione ha colpito più del 50% dei campioni selezionati e lo stress ha fatto registrare picchi di oltre il 70% dei soggetti intervistati. L'eterogeneità degli studi e delle metodologie utilizzate nelle ricerche, a cui si sommano la diversità dei fattori culturali, economici e sociali, condizionano la capacità di raggiungere conclusioni generali.

Si registra l'affermarsi di una condizione nuova nella pratica clinica, definita come stress da pandemia, che colpisce la popolazione mondiale nella sua interezza e che non rientra nella classificazione dei disturbi mentali⁶ [24]. A causa di uno stato di stress perdurante, si passa da una fase di stress acuto ad una fase di stress cronico.

Per quanto concerne la situazione italiana, in [25] è riportata un'indagine tramite questionario diffuso sul web tra il 27 marzo e il 6 aprile. Dei 18.147 questionari completati, il 79,6% erano donne. I risultati hanno confermato alti tassi di esiti negativi sulla salute mentale nella popolazione generale italiana: il 37% dichiara disturbi da stress post traumatico (PTSS)⁷; il 20,8% depressione; il 7,3% ansia; il 21,8% insonnia; il 22,9% elevato stress percepito e sintomi da disturbo di adattamento (ADS)⁸.

2.3 *Violenza di genere*

Nella quarantena la casa rischia di diventare un luogo disagiata in cui vivere per le vittime di violenza domestica, perché obbligate a restare chiuse tutto il giorno con i familiari e lontano da coloro che potenzialmente potrebbero sostenerle [26]. I soggetti più a rischio di violenza, durante i periodi di emergenza sanitaria, sono le donne di tutte le età e i bambini [27], anche se si registra, in generale, una violenza da partner⁹, subita anche dagli uomini (circa un terzo degli uomini) [26].

Le misure di salute pubblica, la chiusura delle scuole e la concentrazione delle risorse verso la fornitura di servizi di emergenza, mettono in evidenza la condizione vissuta da molte donne oltre alle disuguaglianze di genere e alle debolezze dei sistemi socio-economici e sanitari [28]. È fondamentale valorizzare il ruolo delle donne nella società e includere la loro voce nel processo decisionale per garantire una risposta globale che soddisfi le esigenze dei gruppi più vulnerabili [29].

Il fattore “spazio confinato” amplifica i suoi effetti quando si vive in case piccole con esigui spazi esterni determinando un aumento di violenza e comportamenti devianti verso bambini e adolescenti, dovuti alla chiusura delle scuole nella quarantena, con conseguenze dirette sulla loro salute mentale e fisica [30].

Tra le tendenze emergenti vi sono anche implicazioni per la sicurezza di donne e ragazze negli spazi pubblici: *UN Woman*¹⁰ ha individuando il continuum di violenza contro le donne e le ragazze in privato e in spazi pubblici attraverso le diverse fasi della pandemia che sembra

⁶ American Psychological Association (APA). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: Depressive Disorders*. Arlington, VA (USA): American Psychiatric Publishing, 2013. (DSM-5).

⁷ *Post Traumatic Stress Symptoms* (PTSS).

⁸ *Adjustment disorder symptoms* (ADS).

⁹ *Intimate partner violence* (IPV).

¹⁰ <https://www.unwomen.org/-/media/headquarters/attachments/sections/library/publications/2020/brief-covid-19-and-ensuring-safe-cities-and-safe-public-spaces-for-women-and-girls-en.pdf?la=en&vs=632>.

aver amplificato le differenze di genere nei paesi in via di sviluppo¹¹. Durante il *lockdown* in Italia sono state 5.031 le telefonate valide al numero verde 1522¹², il 73% in più rispetto allo stesso periodo del 2019. Le vittime che hanno chiesto aiuto sono state 2.013 (+59%). Tale incremento non è attribuibile necessariamente a maggiore violenza ma alle campagne di sensibilizzazione che hanno fatto sentire le donne meno sole.¹³

3. Conclusioni

La pandemia da CoVid-19 ha provocato trasformazioni nella società globale. Le misure di isolamento, distanziamento sociale e confinamento domestico hanno avuto conseguenze sull'ambiente (qualità dell'aria *indoor* e *outdoor*), sulla salute fisica e mentale degli individui e sul sistema sociale nel suo complesso. Il CoVid, modificando profondamente il contesto, sta spingendo la comunità globale alla ricerca di nuove regole. Se da un lato gli studi di letteratura sottolineano come le categorie già considerate più deboli (bambini, anziani, donne, malati) devono essere inserite in reti relazionali che li informino e li sostengano, dall'altro è evidente che lo stress da pandemia è una condizione generalizzata che può avere gravi ripercussioni sul futuro. In questo nuovo contesto fondamentale sembra essere l'utilizzo corretto delle nuove tecnologie, come mezzo di sostegno sia dell'informazione e della comunicazione, ma anche per la crescita di campi come la telemedicina [31], che attraverso la consulenza psicologica a distanza e i servizi di salute mentale online, può permettere non solo la cura, ma soprattutto la prevenzione e il contenimento di situazioni difficili. Infine per quanto concerne la relazione individuo-comunità sarebbe importante ripensare al concetto di beni pubblici globali, in cui si può far rientrare la riduzione del rischio pandemico che deriva dalla pratica di prevenzione della pandemia stessa. Come ha affermato la *task force* internazionale sui beni pubblici globali, la natura stessa di questa categoria di beni fa sì che la domanda tenderà a superare l'offerta "a causa di questioni di sovranità, di preferenze diverse e di una serie di fattori di rischio" [32]. Diventa urgente ripensare gli individui, le comunità e le intere nazioni come elementi interagenti di un unico sistema-mondo di cui sono parte integrante e da cui dipende il benessere di tutti.

Bibliografia

- [1] WHO. (2010). *Guidelines for indoor air quality - select pollutant*.
- [2] Brooks S.K. et al. The Psychological Impact of Quarantine and How to Reduce It: Rapid Review of the Evidence. *The Lancet* (2020), 395: 912-20.
- [3] Talevi D. et al. Mental health outcomes of the CoViD-19 pandemic. *Riv Psichiatr* (2020); 55: 137-44.
- [4] Fraser E. (2020). *Impact of COVID-19 Pandemic on Violence against Women and Girls*. VAWG Helpdesk Research Report No. 284. London, UK: VAWG Helpdesk.
- [5] Vardoulakis, S. et al. 2015. *Impact of climate change on the domestic indoor environment and associated health risks in the UK*. Environment International 85, pp. 299- 313.
- [6] Lepore A. et al. (2010). *Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia*. ISPRA, Rapporti 17/2010.
- [7] Fuselli et al. (2013). *Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor*. Rapporti ISTISAN 13/4.
- [8] De Maio F. et al. (2020). *L'inquinamento dell'aria indoor in Italia*. In: XV Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano. Report di Sistema SNPA 13/2020.

¹¹ UN Women and UN-Habitat (2020). *Spotlight on SDG11: Harsh realities: Marginalized women in cities of the developing world* (<https://www.unwomen.org/en/digital-library/publications/2020/02>).

¹² Numero Verde messo a disposizione dal Dipartimento per le Pari Opportunità presso la Presidenza del Consiglio per sostenere e aiutare le vittime di violenza di genere e stalking

¹³ <https://www.istat.it/it/archivio/242841>; <https://www.istat.it/it/files//2020/05/Infografica-Violenza-di-genere.pdf>

- [9] **Brini S. et al.** (2019). *Qualità dell'aria indoor ed efficientamento energetico degli edifici: benefici e rischi per la salute* in Atti dei convegni Ecomondo 2019: 335-340 Maggioli Editore.
- [10] **Yang S. et al.** Volatile organic compounds in 169 energy-efficient dwellings in Switzerland. *Indoor Air*. (2020), 30(3):481-491.
- [11] **Moreno-Rangel A. et al.** Indoor Air Quality in Passivhaus Dwellings: A Literature Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. (2020),17(13): 4749.
- [12] **Cattaneo A. et al.** Particulate-bound polycyclic aromatic hydrocarbon sources and determinants in residential homes. *Environ. Pollut.* (2016), 218: 16-25.
- [13] **CakmakJiping Y. L. et al.** Profiles and monthly variations of selected volatile organic compounds in indoor air in Canadian homes: Results of Canadian national indoor air survey 2012–2013. *Environment International* (2019), 126: 134-144.
- [14] **Zauli S. et al.** Is particulate air pollution at the front door a good proxy of residential exposure? *Environmental Pollution* (2016), 213: 347-358.
- [15] **Hernandez G et al.** The effect of ventilation on volatile organic compounds produced by new furnishings in residential buildings. *Atmospheric Environment*: (2020), 6: 100069.
- [16] **Abouleish Z. MY.** Indoor Air Quality and Coronavirus Disease (COVID-19), *Public Health* (2020).
- [17] **Fassò A. e Maranzano P.** Il cambiamento degli stili di vita e l'impatto della pandemia di COVID-19 sulla qualità dell'aria. *Statistica e Società*, (2020).
- [18] **EEA Report.** *Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe*. Luxembourg, *Publication Office of European Union*, 2020. Report 21/2019.
- [19] **Life PrepAIR.** (2020). *Report CoVid-19. Studio preliminare degli effetti delle misure covid-19 sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria nel bacino padano*.
- [20] **Morawska L. et al.** How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* (2020), 142: 105832.
- [21] **Conti Andrea A.** (2017). *Quarantine through History*. International Encyclopedia of Public Health, 2nd edition, 6: 229-235.
- [22] **Centers for Disease Control and Prevention (CDC).** (2017) *Quarantine and isolation*. <https://www.cdc.gov/quarantine/index.html>
- [23] **Bostick N.A. et al.** Ethical obligations of physicians participating in public health quarantine and isolation measures. *Public Health Rep.* 2008;123(1): 3-8.
- [24] **Biondi M. e Iannitelli, A.** CoViD-19 e stress da pandemia: "l'integrità mentale non ha alcun rapporto con la statistica". *Riv. Psichiatr.* (2020) 55(3): 131-136
- [25] **Rossi R. et al.** (2020). COVID-19 pandemic and lockdown 1 measures impact on mental health among the general population in Italy. An N=18147 web-based survey.
- [26] **Mazza M. et al.** Danger in danger: Interpersonal violence during COVID-19 quarantine. *Psychiatry Res.* 2020, (289) :113046.
- [27] **Gasseer N. et al.** Status of women and infants in complex humanitarian emergencies. *The Journal of Midwifery & Women's Health* (2004) 49(S1): 7-13.
- [28] **Onyango M. A. et al.** (2019). *Gender-Based Violence Among Adolescent Girls and Young Women: A Neglected Consequence of the West African Ebola Outbreak*. In: David A. Schwartz, Julienne Ngoundoung, AnokoSharon A. Abramowitz (eds.). *Pregnant in the Time of Ebola. Women and Their Children in the 2013-2015 West African Epidemic*: 121-132.
- [29] **John N. et al.** Lessons Never Learned: Crisis and gender-based violence. *Developing World Bioeth* (2020), 00: 1–4. *Special Issue*.
- [30] **Cluver L. et al.** Parenting in a time of COVID-19. *The Lancet* (2020), 395(10231): e64.
- [31] **Xiang Y.T. et al.** Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is urgently needed. *Lancet Psychiatry* (2020), 7: 228-9
- [32] **Jonas, Olga B.** *Pandemic Risk. Background paper*. World Development Report, 2014.

Qualità dell'aria indoor nei luoghi dove si pratica attività sportiva: evidenze scientifiche, criticità e soluzioni – una review

*Silvia Brini silvia.brini@isprambiente.it, Francesca De Maio, Arianna Lepore, Giuliana Giardi
Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma*

Riassunto

Praticare sport in centri di fitness e palestre può rappresentare un rischio per la salute poiché durante l'esercizio fisico gli occupanti sono più suscettibili per l'aumento della frequenza respiratoria che li espone a una maggiore dose inalatoria di inquinanti e una penetrazione maggiore nelle basse vie respiratorie. Scopo di questa revisione di letteratura è valutare la qualità dell'aria indoor di palestre e centri sportivi studiati negli ultimi 10 anni. I risultati ottenuti hanno mostrato un'ampia variabilità di dati dovuta alla localizzazione della palestra/centro sportivo, alle caratteristiche strutturali, al sistema di ventilazione utilizzato, alle dimensioni delle sale, alla temperatura, ai protocolli di pulizia degli ambienti, al numero di frequentatori e al tipo di attività svolta. I livelli maggiori di PM indoor sono stati rilevati in palestre e centri di fitness situati in zone urbane trafficate e che utilizzano ventilazione naturale. Concentrazioni superiori ai limiti sono stati riscontrate pure per i COV, in relazione alle attività di pulizia.

Summary

Practicing sports in fitness centres and gyms can pose a health risk as during exercise the occupants are more susceptible to increased respiratory rate which exposes them to a higher inhalation dose of pollutants and greater penetration in the lower respiratory tract. The purpose of this literature review is to evaluate the indoor air quality of gyms and sports centres studied over the last 10 years. The results showed a wide variability of data due to the location of the gym/sports centre, the structural characteristics, the ventilation system used, the size of the rooms, the temperature, the cleaning protocols of the environments, the number of visitors and the type of activity carried out. The highest levels of indoor PM were found in gyms and fitness centres located in urban areas with high traffic and using natural ventilation. Concentrations above the limits were also found for VOCs, in relation to cleaning activities.

1. Introduzione

La maggior parte degli studi riguardanti la qualità dell'aria indoor (*Indoor Air Quality*, IAQ) è focalizzata su quei luoghi dove si trascorre la maggior parte del tempo: casa, lavoro, scuola [1]. Ambienti indoor peculiari, quali centri fitness e palestre, sono oggetto di studi limitati. Tuttavia (e ancora di più oggi in tempo di pandemia da Covid-19), le persone che praticano attività sportive sono più suscettibili agli inquinanti atmosferici per l'aumento della frequenza respiratoria (che passa da 12-16 atti a riposo, fino a 30-50), della Ventilazione per atto respi-

ratorio (che passa da 500 cc a riposo, fino a 2000 cc ed oltre) e della Ventilazione polmonare al minuto (che passa da 8 litri a riposo, fino a 100 litri ed oltre) che li espone a una maggiore dose inalatoria di inquinanti e una penetrazione maggiore nelle basse vie respiratorie. Dalla revisione di letteratura effettuata risulta che due sono i tipi di ambienti sportivi studiati: i centri di fitness e le palestre scolastiche. La maggior parte degli studi è stata effettuata nella seconda tipologia. I due tipi di ambiente sportivo sono pensati con scopi diversi e hanno caratteristiche differenti (in termini di materiali da costruzione, occupanti, tipo di attività, frequenza). In più, i centri di fitness riguardano un'ampia varietà di attività fisica, diversa anche a seconda del genere e dell'età, con un conseguente diverso impatto sulla salute [2]. La ricerca è stata effettuata sulle seguenti banche dati: *Pubmed*; *ScienceDirect*; *Doaj*; *Researchgate*; *Google scholar*, attraverso la ricerca delle seguenti parole chiave: *indoor air quality*, *gym*, *gymnasium*. Sono stati selezionati 16 studi di cui 14 condotti in Europa (uno in Italia), uno in Russia, uno in Iran mentre uno riporta una review sistematica. Gli ambienti considerati sono assai disomogenei: palestre scolastiche e universitarie, palestre private, centri fitness, campi tennis e paddle coperti, un palazzetto dello sport, impianti sportivi polifunzionali. Sono stati esclusi gli studi nelle piscine poiché caratterizzate da peculiarità ambientali, come elevata temperatura e umidità che necessitano di sistemi di ventilazione, condizionamento, gestione e manutenzione particolari; inoltre presentano rischi prevalentemente di natura microbiologica – funghi, protozoi, batteri, etc. - e comportano l'utilizzo di agenti impiegati per il mantenimento della salubrità dell'acqua (ipoclorito di sodio, ipoclorito di calcio, cloroisocianurati).

2. Risultati

Gli inquinanti rilevati negli studi esaminati sono stati prevalentemente il particolato aerodisperso (PM) e i Composti Organici Volatili (COV), seguiti dal biossido di azoto (NO₂), dal monossido di carbonio (CO) e dall'ozono (O₃). Nella trattazione seguente ci si concentra sul particolato aerodisperso e sui COV poiché maggiormente esaminati.

2.1 Gli intervalli di concentrazione indoor del PM e dei COV

Gli intervalli di concentrazione degli inquinanti rilevati sono risultati molto vari e ampi. Le cause sono da imputare alle diverse caratteristiche della zona in cui è collocata la palestra (traffico, presenza di aree verdi), alle caratteristiche strutturali, alla differente tipologia di ventilazione, alla stagione in cui viene effettuato il campionamento, al numero di frequentatori, ma anche alle diverse metodologie e tempi di misura e alle diverse caratteristiche delle stesse realtà urbane. In assenza di una standardizzazione degli ambienti, dei metodi e delle misure, non è possibile effettuare un corretto confronto dei risultati ottenuti. È, però, di rilievo notare che le concentrazioni misurate di alcuni inquinanti *indoor*, in particolare del PM e dei COV, sono spesso non trascurabili (tabella 1), soprattutto se confrontate con i valori guida nazionali e internazionali (tabella 2) e con i livelli outdoor.

| Riferimento bibliografico | Città e tipologia di palestra/centro di fitness | Inquinante | Concentrazione indoor (µg/m ³) | Concentrazione outdoor (µg/m ³) | Rapporto indoor/outdoor (I/O) |
|---------------------------|---|-------------------|---|---|-------------------------------|
| [3] | Palestra scuola Praga | PM _{2,5} | 24,03 (62.89-4.22) media delle 8 campagne di monitoraggio | 25,47 (94.17-4.92) media delle 8 campagne di monitoraggio | 0,88 |

Segue

| Riferimento bibliografico | Città e tipologia di palestra/centro di fitness | Inquinante | Concentrazione indoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Concentrazione outdoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Rapporto indoor/outdoor (I/O) |
|---------------------------|---|----------------------|--|---|--|
| [4] | Palestra scuola elementare Praga | PM _{2,5} | 22.3 Media delle 10 campagne di monitoraggio | 28.3 Media delle 10 campagne | 0.89, 0.96 e 0.70 (i valori variano in relazione alla presenza o assenza delle persone) |
| [5] | Palestra scuola elementare Praga | PM _{10-2,5} | 13.6–26.7 media 24 h | 4.1–7.4 media 24 h | 2.5–16.3 |
| | Palestra scuola elementare Praga | PM _{2,5-1} | 3.7–7.4 media 24 h | 2.0–3.3 media 24 h | 1.4–4.8 |
| [6] | Palestre scolastiche Cassino | PM _{2,5} | 17–95 Media oraria | >30 (3,1-60) Media oraria | <1 |
| | Palestre scolastiche Cassino | PM ₁₀ | 33-204 Media oraria | 5.4-72 Media oraria | >1 |
| [7] | Fronton università di Leon (Spagna) | PM ₁₀ | giorni feriali 40; WE 13.3 ¹ | giorni feriali 22.7±1.77; WE 12.6 ² | giorni feriali 1.77±0.02; WE 1.01 |
| | Palestra università di Leon (Spagna) | PM ₁₀ | 177±17.4 giorni feriali 16.8 WE media 48h | 27.3±22.0; WE17.5 media 48h | 11.3±7.84 giorni feriali; WE 0.96 |
| [8] | Centri fitness Portogallo | PM ₁₀ | 11-101 ² | 7.6 - 51 ² | <1 |
| | | PM _{2,5} | 1.2- 20 ² | 3.7 - 15 ² | |
| | | COV | 0- 3.3 ² | - | >1 |
| [9] | Palestra università di Leon (Spagna) | PM ₁₀ | 3,2 - 700 (media 440) ² | 23 ± 20 ² | |
| | | PM _{2,5} | 2,7-90 (media 51) ² | 8 ± 1 ² | |
| [10] | Fitness center Lisbona (Portogallo) | PM ₁₀ | aerob 31 ± 23 ² ; olist 14 ± 8.9 | | |
| | | PM _{2,5} | aerob 8.3 ± 4.5 olist 5.5 ± 2.2 | | |
| | | COV | aerob 0.48 ± 0.42; olist 0.38 ± 0.23; | | |
| [11] | Palestra Università Lubiana (Slovenia) | PM ₁₀ | Media mensile 33 Media del weekend 15 | 36 ² | |

Segue

¹ I tempi di mediazione non sono esplicitati nel testo

| Riferimento bibliografico | Città e tipologia di palestra/centro di fitness | Inquinante | Concentrazione indoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Concentrazione outdoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Rapporto indoor/outdoor (I/O) |
|---------------------------|---|--|---|--|-------------------------------|
| [12] | centri di fitness, Oporto | TVOC | HC1 intervallo 14–21.8 mg/m^3 (mediana 1.4 mg/m^3). HC2 intervallo 2–20.4 mg/m^3 (mediana 1.1 mg/m^3). HC3 intervallo 73–12.4 mg/m^3 . HC4 intervallo 3–8.0 mg/m^3 | | |
| | | PM ₁ | HC1 5–328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC2 6–638 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC3 11–75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC4 3–102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). | PM ₁₀ : 6–41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h), PM _{2.5} : 1–9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h) | |
| | | PM ₄ | HC1 5–368 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mediana 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC2 6–829 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mediana 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC3 11–78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mediana 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HC4 3–105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). | | |
| [13] | centri di fitness, Oporto | PM ₁₀ | 5-1080 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mediane 15-43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. | 6-41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h), mediana 15±6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | | PM _{2.5} | 5-777 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mediane 5-37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h), mediana 4±2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | | Ultrafine | 0,5-88,6 $\times 10^3 \# \text{cm}^{-3}$, mediana | | |
| [14] | palestra sportiva, palestra coperta della scuola, sala fitness, sala di scherma, sala di lotta e campo da tennis, Polonia | PM ₁ | 39.2±30.3 -139±49.3 | | |
| | | PM _{2.5} | 39.9±30.06- 143-3±49.6 (media: 28.9 -51.3) | | |
| | | PM ₄ | 40.7 -151.7 | | |
| | | PM ₁₀ | 40.6±3.4- 209.7±66.9 (media:43.5-76.7) | | |
| | | PM ₁₀₀ | 43.1±110.4- 508.4±189.0 | | |
| [15] | centro sportivo, Kozani (Grecia) | PM _{2.5} | 11,96 media 24 h | 14,13 media 24 h | <1 |
| | | COV Toluene styrene, d-limonene | 1.0 2.43 0.21 0.13 | 0,7 ² 2.31 0.04 0.04 | >1 1.86 4.71 e 3.67 |

Segue

| Riferimento bibliografico | Città e tipologia di palestra/centro di fitness | Inquinante | Concentrazione indoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Concentrazione outdoor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Rapporto indoor/outdoor (I/O) |
|---------------------------|---|---------------------------------------|---|---|--|
| [16] | palestre Teheran | benzene | 75,1±36,2, | | |
| | | toluene | 34,1±23,8, | | |
| | | etilbenzene | 54,8±34,9 e | | |
| | | xilene | 19,5±9,1 | | |
| [17] | palestre scolastiche, Oporto | UFP | 5470-17330# cm^{-3} , concentrazione mediana 8661# cm^{-3} | | 0.42-2.55 |
| [18] | Russia | PM ₁₀ PM _{2,5} | PM ₁₀ 45-130 PM _{2,5} 6 - 21 (workout) | | |
| [19] | Palestre scolastiche, Barcellona | PNC (particle number concentration) | 0,60 (A ² - NV) 0,74 (A MA) 0,40 (B – NV) 0,88 (B-MA) | | A 0.60 (A-NV 0.40 (B NV); 0.04 (A- P) 0.12 (B-P) |
| | | PM ₁₋₁₀ | 3.69 (A) 2.09 (A-MA) 9.79 (B) 3.45 (B-MA) | | 3.69 (A) 9.79 (B); 0.19 (A- P) 1.53 (B-P); 2.09 (A – MA) 3.45 (B -MA) |

Tab. 1 – Intervalli di concentrazione indoor del PM e dei COV rilevati negli studi in esame.

| Inquinante | Legislazione Italiana (D.Lgs. 155/10) | Legislazione portoghese | OMS |
|------------|--|--|---|
| COV | Benzene: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale | COV totali: 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; media su 8h (a) | <p><u>Benzene</u>: Non può essere raccomandato nessun livello sicuro di esposizione al benzene</p> <p>- L'unità di rischio di leucemia per la concentrazione in aria di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è $6 \cdot 10^{-6}$</p> <p>- Le concentrazioni di benzene nell'aria associate al rischio per la vita di 1/10.000, 1/100.000 e 1/1.000.000 sono rispettivamente 17, 1,7 e 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (b)</p> <p><u>Formaldeide</u>: 0,1 mg/m^3 (concentrazione media di 30 minuti) (b)</p> |

Segue

² A: scuola A; NV: ventilazione naturale; MA: ventilazione manuale; B: scuola B; P: con purificatore.

| Inquinante | Legislazione Italiana (D.Lgs. 155/10) | Legislazione portoghese | OMS |
|-------------------|---|---|--|
| PM _{2,5} | Media annuale: 25 µg/m ³ dal 2015 | Media 24 h: 25 µg/m ³ Media annuale: 10 µg/ m ³ (c) | Media annuale: 10 µg/m ³ Media 24 h: 25 µg/m ³ (d) |
| PM ₁₀ | Standard giornaliero: 50 µg/m ³ media oraria da non superare più di 35 giorni/ anno; media annuale: 40 µg/m ³ | Media 24 h: 50 µg/m ³ ; Media annuale: 20 µg/ m ³ (c) | Media 24 h: 50 µg/m ³ ; media annuale: 20 µg/m ³ (e) |

Tab. 2 – Valori di riferimento dei COV, PM_{2,5} e PM₁₀ nella normativa dei Paesi in cui sono stati condotti gli studi selezionati.

(a) Valore limite definito dalla legislazione portoghese, Portaria n. 353-A / 2013.

(b) “WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants”, WHO 2010.

(c) Decret Lei 118/2013.

(d) Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, WHO, 2006.

(e) Air quality guidelines for Europe, WHO, 2000.

Per esempio, le concentrazioni di PM_{2,5} in una palestra scolastica, collocata a Praga, superavano il limite delle 24 ore dell’OMS di 25 µg/m³ nel 50% dei giorni misurati; inoltre per la frazione più fine del PM (<2,5 µm) vi era una forte correlazione tra le concentrazioni *indoor* e *outdoor*, mentre per la frazione più grossolana (>2,5 µm) tale correlazione era più debole, suggerendo che la concentrazione *indoor* di particelle grossolane è solo in parte influenzata dalla concentrazione *outdoor* e, invece, maggiormente correlata alle attività *indoor* dei ragazzi [3]. Indagando tre palestre scolastiche nella stessa città [4], sono state rilevate elevate concentrazioni di PM grossolano (10-2,5 µm), notevolmente influenzate dal numero degli alunni, dalle loro attività e/o dalle ore passate in palestra. In una campagna di misura di particelle sottili [5], in una palestra scolastica di Praga, la media (calcolata come somma del PCIS (campionatore personale a cascata) (PCIS) di tutte e dieci le campagne delle misure *outdoor* della concentrazione di PM_{2,5} (28,3 µg/m³) era superiore ai valori *indoor* (22,3 µg/m³) e alla media oraria corrispondente della stazione di monitoraggio fissa *outdoor* più vicina (23,6 µg/m³) ma in ogni caso i livelli *indoor* e *outdoor* sono risultati superiori al valore guida delle 24 ore raccomandato dall’OMS, rispettivamente nel 42% e nel 49% dei giorni misurati.

Una forte correlazione tra la risospensione di particelle grossolane e il numero di studenti e le loro attività è stata riscontrata anche in 12 palestre scolastiche situate a Cassino [6]: gli autori hanno rilevato durante le attività scolastiche, in condizioni di ventilazione naturale, concentrazioni medie di PM₁₀ 4,8 ± 2,0 volte superiori ai valori all’aperto evidenziando la presenza di una fonte interna (la risospensione) dovuta all’attività degli alunni. Nello studio condotto in 11 centri di fitness di Lisbona [8], vengono riscontrato concentrazioni più alte di PM in associazione alle lezioni di fitness, confermando una relazione tra la concentrazione di PM e la risospensione della polvere causata dai praticanti dell’attività fisica. In questo studio sono state misurate anche concentrazioni elevate di COV che sono risultate superiori al valore limite nazionale portoghese (0,6 mg/m³ sulle 8 ore, cfr tabella 2), con picchi più alti durante le attività di pulizia. Le concentrazioni di PM₁₀ misurate in una palestra universitaria di Leon (Spagna) [9] sono risultate molto variabili, a seconda delle attività svolte, dei tassi di occupazione e delle attività di pulizia; in questo studio, però, l’uso di carbonato di magnesio, utilizzato in ginnastica artistica come agente essiccante per le mani, contribuisce ad un’aria interna pol-

verosa, causa della graduale comparsa di molte particelle di dimensioni superiori a 1 μm e di molte particelle sub-microniche. Anche lo studio in centri di fitness localizzati a Lisbona [10], conferma il grosso contributo della risospensione ai livelli indoor di PM_{10} : le concentrazioni di particolato misurate nella stessa classe e nello stesso giorno erano più alte durante le lezioni aerobiche rispetto a quelle olistiche (Yoga, Pilates e Tai Chi). I livelli di COV hanno superato lo standard portoghese di 0,6 mg/m^3 sia nelle classi in cui si praticavano attività aerobiche, sia in quelle dove si svolgevano attività olistiche, mentre il valore massimo di PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e CO_2 ha superato lo standard solo nelle classi aerobiche. In una palestra di Lubiana viene rilevata [11] l'assenza di un rilevante trasferimento di PM_{10} dall'esterno all'interno, per cui l'andamento del PM_{10} registrato all'interno della palestra era dovuto principalmente alle persone che si allenano, in accordo con le precedenti osservazioni [6, 8]. Nello studio, infatti, si è riscontrato un incremento di concentrazioni di PM_{10} di circa 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante l'attività fisica. In [12] gli autori si sono soffermati sull'importanza della tipologia del sistema di ventilazione: i fitness club di Oporto indagati dotati di ventilazione naturale hanno mostrato una concentrazione di PM due volte superiore a quanto riscontrato nei club con ventilazione controllata ma si trattava anche di centri situati direttamente a livello stradale con finestre che davano su strade trafficate. I TVOC (Total Volatile Organic Compounds) hanno superato di gran lunga lo standard di 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sulle 8 ore designato dalla legislazione portoghese (tabella 2) in tutti i centri, anche quando questi non erano occupati. Complessivamente, i livelli di inquinanti gassosi e di PM erano più alti quando i club erano occupati rispetto ai periodi vacanti, con mediane più grandi osservate nelle sale pesi piuttosto che nelle aule per l'esercizio di gruppo. In uno studio dello stesso anno [13], i livelli *indoor* di PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ in tutti e 4 i centri di fitness hanno mostrato intervalli di concentrazione maggiori rispetto all'aria ambiente; la concentrazione di PM_{10} è risultata al di sotto limite dello standard *outdoor* portoghese, pari a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre per il $\text{PM}_{2,5}$ in due centri è stato superato lo standard portoghese di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soprattutto nei centri piccoli, dove si ventilava aprendo le finestre, situate su strade trafficate. Le concentrazioni massime di PM si sono riscontrate nelle ore di maggior afflusso indicando che i livelli *indoor* di particolato sono influenzati dall'attività di intenso esercizio fisico. Per quanto riguarda le particelle ultrafini, le mediane minori sono state rilevate nei centri dotati di ventilazione controllata ma i livelli erano comunque significativamente alti durante le ore di attività in tutti i centri. Indagini su particelle ultrafini sono state condotte in palestre scolastiche site a Oporto [17] dove le mediane di particelle ultrafini sono risultate significativamente superiori rispetto a quelle misurate nelle rispettive aule, verosimilmente a causa dell'attività fisica e dell'alta occupazione: il rispettivo range del rapporto I/O era 0.42-2.55. In tutti gli otto impianti sportivi misurati in Polonia [14], le concentrazioni di particelle (PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} e PM_{100}) erano più alte durante l'allenamento rispetto a prima dell'attività fisica. Invece i livelli di COV riscontrati in un centro sportivo nella città greca Kozani [15], sono stati sempre bassi ma con un rapporto I/O maggiore di uno e con una variazione diurna di concentrazione che rivela un aumento durante le ore "di evento", in confronto alle ore "non evento", sia per l'aria interna che esterna. Diversi i risultati su 50 palestre di Teheran [16] dove, tra i BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xilene) misurati, il benzene aveva le concentrazioni maggiori; il valore medio (75,1 \pm 36,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultato superiore ai valori proposti da alcune organizzazioni internazionali [IEPO (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), HKSAR *guideline* (16,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e ANSES *guidelines* (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)]. La media del rischio di cancro (LTCR) per il benzene nell'aria *indoor* delle palestre è stata calcolata in 4,1 \times 10⁻⁷, che è inferiore al limite standard stabilito dalla US EPA (LTCR <1 \times 10⁻⁶) e dall'OMS (valori LTCR nell'intervallo 1 \times 10⁻⁵- 1 \times 10⁻⁶ sono considerati "limite accettabile per gli esseri umani"). Uno studio condotto in Russia in un palazzetto dello sport [18] in cui sono state misurate le concentrazioni di PM, durante le sessioni di allenamento e gli indici dinamici di funzionalità respiratoria (frequenza respiratoria, capacità vitale, volume

respiratorio al minuto) degli atleti a riposo, durante l'attività fisica e durante il periodo di recupero, ha dimostrato che l'elevata intensità di attività dell'apparato respiratorio determina un rischio di aumento delle malattie respiratorie degli atleti favorendo la deposizione nei polmoni delle particelle fini presenti nel palazzetto dello sport durante l'allenamento.

3. Discussione

Come in tutti gli ambienti *indoor*, le sorgenti inquinanti possono essere interne o esterne; la qualità dell'aria indoor nelle palestre e centri sportivi è influenzata dai materiali da costruzione, dal tipo di ventilazione, dalla manutenzione dell'edificio, ma ciò che rende peculiari tali luoghi sono l'alta occupazione e il tipo di attività svolta [8], nonché la presenza di un certo tipo di equipaggiamento [17]. Inoltre, si può incorrere frequentemente in ventilazione insufficiente e, soprattutto nel caso dei centri fitness, in dimensioni delle sale piuttosto ridotte. Per quanto riguarda le fonti *indoor*, si possono citare i materiali per la pavimentazione e le vernici (ampia gamma di colori e tipologia di vernici) da cui possono originare prevalentemente i COV. Altre fonti di COV possono essere costituite dall'arredamento, dai prodotti per la pulizia [8], [9], [12] e [13] e dalle colle; inoltre tali composti vengono rilasciati da vari prodotti per la cura personale (profumi, spray per capelli, disinfettanti per le mani), quindi un aumento dei COV negli spazi *indoor* è motivato dal fatto stesso che ci siano occupanti [12]. L'infiltrazione dell'aria dall'esterno può portare elevati livelli di PM che, oltre che dipendere dalla stagionalità, possono aumentare anche a causa dei fenomeni di risospensione, potenziati dall'attività stessa degli occupanti. Riguardo la risospensione, la distribuzione delle dimensioni della massa del PM, prima e durante l'allenamento, cambia considerevolmente sia a seconda della struttura che delle differenti tipologie di attività. Nella maggior parte dei centri presi in esame gli intervalli di concentrazione di PM *indoor*, durante l'esercizio fisico, sono risultati maggiori rispetto all'aria ambiente, soprattutto per quanto riguarda la frazione grossolana (PM₁₀) [3-5], [8-10], [19-20]. Tali concentrazioni elevate di PM possono essere responsabili di un aumento della deposizione di PM nel tratto respiratorio superiore. Maggiore quantità di PM (diametro da 0,1 a 1,0 µm), infatti, potrebbe raggiungere più profondamente il tratto respiratorio durante l'allenamento, anche a causa di una maggiore frequenza e profondità respiratoria soprattutto nel caso di intensa attività cardiovascolare [12-14], [17], [20]. Quando le palestre risultano vuote (soprattutto nel caso di edifici ubicati presso strade trafficate o ambienti residenziali), il rapporto I/O di PM registrato è inferiore a uno; ciò conferma che la sorgente di PM è esterna ed è prevalente la frazione fine [3-4], [15]. I club con ventilazione naturale hanno mostrato livelli superiori di PM, dovuti al fatto di essere situati direttamente a livello di una strada con finestre che davano su strade trafficate [12]. Per quanto riguarda i COV, in diversi studi i livelli *indoor* sono risultati superiori alle concentrazioni *outdoor* [8], [10], [12], [15] dimostrando la presenza di fonti specifiche interne; in alcuni casi le concentrazioni *indoor* hanno superato i valori guida della OMS o quelli della legislazione nazionale [10], [12] (tabella 2) e in diversi casi sono stati riscontrati picchi più alti durante le attività di pulizia, come è facile aspettarsi, visto che i prodotti per la pulizia sono riconosciuti come una fonte di COV. Praticare esercizi sportivi in ambienti inquinati può comportare un rischio per la salute perché l'aumento della ventilazione al minuto aumenta proporzionalmente la quantità di inquinanti inalati; inoltre la maggior parte dell'aria è inalata attraverso la bocca, bypassando il normale meccanismo di filtrazione delle grandi particelle e l'aumentata velocità di flusso dell'aria porta gli inquinanti gassosi più in profondità nel tratto respiratorio [8].

4. Conclusioni

I risultati mostrano differenze nei vari studi che possono essere dovute alle caratteristiche della zona in cui è collocata la palestra (traffico, presenza di aree verdi), alle caratteristiche

strutturali (per esempio umidità), alla ventilazione, alla temperatura e al numero di frequentatori ma anche alle diverse metodologie e tempi di misura e alle diverse caratteristiche delle stesse realtà urbane. La grande variabilità dei risultati mostra la necessità di approfondire il problema dell'inquinamento dell'aria nelle palestre scolastiche e negli impianti sportivi. L'utilizzo quotidiano di potenti aspirapolveri dotati di sistemi di filtrazione HEPA [9], l'installazione di sistemi di filtrazione e purificazione dell'aria interna per garantire un adeguato ricambio di aria (soprattutto durante lo svolgimento delle attività), e l'utilizzo di purificatori d'aria, possono garantire una minore esposizione a particolato prodotto da fenomeni di risospensione [19]. Congiuntamente ad essi risulta importante per garantire un'adeguata qualità dell'aria anche il rinnovo e la manutenzione sia delle attrezzature che delle strutture e la scelta dei materiali [8]. Il controllo dei parametri di qualità dell'aria garantisce sicurezza e salute sia agli utenti che ai lavoratori, è infatti importante sottolineare che elevate concentrazioni di particolato e COV possono causare problemi di salute (quali infezioni, allergie e irritazioni respiratorie). Poiché le palestre sono luoghi *indoor*, a causa del gran numero di persone e del tipo di attività che vi si svolge, possono accumularsi diversi inquinanti *indoor*, è molto importante che questi ambienti soddisfino requisiti che consentano agli utenti di svolgere un'attività fisica senza compromettere la salute e la sicurezza.

Bibliografia

- [1] **Lepore A, Ubaldi V e Brini S**, "Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia", ISPRA Rapporti 17/2010.
- [2] **Slezakova K, Peixoto C, Oliveira M, et al.**, Indoor particulate pollution in fitness centres with emphasis on ultrafine particles, *Environ Pollut* 2018 Feb; 233:180-193.
- [3] **Braniš M, Šafránek J, Hytychová A**. Exposure of children to airborne particulate matter of different size fractions during indoor physical education at school. *Build Environ* (2009) 44(6):1246-1252.
- [4] **Braniš M, Šafránek J, Hytychová A**. Indoor and outdoor sources of size-resolved mass concentration of particulate matter in a school gym – implications for exposure of exercising children. *Environ Sci Pollut Res Int* (2011) 18 (4):598–609.
- [5] **Braniš M, Šafránek J**. Characterization of coarse particulate matter in school gyms. *Environ Res.*, 2011 May;111(4):485-91.
- [6] **Buonanno G, Fuoco FC, Marini S, Stabile L**, 2012. Particle Resuspension in School Gyms during Physical Activities. *Aerosol and Air Quality Research*, 12: 803–813, 2012.
- [7] **Alves C, Calvo AI, et al.** 2014. Particulate matter in the indoor and outdoor air of a gymnasium and a fronton. *Environ Sci Pollut Res Nov*;21(21):12390-402.
- [8] **Ramos CA, Wolterbeek HT, Almeida SM**. Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers. *Building and Environment* 82 (2014) 349-360.
- [9] **Castro A, Calvo AI, A., et al.**, Indoor aerosol size distributions in a gymnasium. *Sci Total Environ*. 524–525 (2015) 178–186.
- [10] **Ramos CA, Reis JF, Almeida T, et al.**,. Estimating the inhaled dose of pollutants during indoor physical activity. *Sci Total Environ* 527–528 (2015) 111–118.
- [11] **Žitník M, Bu ar K, et al.** Exercise-induced effects on a gym atmosphere. *Indoor Air* 2016; 26: 468–477.
- [12] **Slezakova K, Peixoto C, et al.**, Indoor air quality in health clubs: Impact of occupancy and type of performed activities on exposure levels. *J Hazard Mater.*, 2018 Oct 5;359:56-66.
- [13] **Slezakova K, Peixoto C, et al.**, Indoor particulate pollution in fitness centres with emphasis on ultrafine particles. *Environ Pollut*. 2018 Feb;233:180-193.
- [14] **Kuskowska K, Rogula-Kozłowska W, Widziewicz K**, 2019. A preliminary study of the concentrations and mass size distributions of particulate matter in indoor sports facilities before and during athlete training. *Environment Protection Engineering* Vol. 45, n. 3 p 103-112.
- [15] **Tolis EI, Panaras G, Douklias E, et al**, 2019. Air Quality measurement in a medium scale athletic hall: diurnal I/O ratio analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*. ISSN 1018-4619 p 658.

- [16] **Dehghani MH, Baghania AN, Fazlzadeha M, Ghaffarid HR.** Exposure and risk assessment of BTEX in indoor air of gyms in Tehran, Iran. *Microchem. J.* 150 (2019) 104135.
- [17] **Slezakova K, de Oliveira Fernandes E, do Carmo Pereira M,** 2019. Assessment of ultrafine particles in primary schools: Emphasis on different indoor microenvironments. *Environ Pollut.* 2019 Mar;246:885-895.
- [18] **Kalinina NE, Zhegalova MN et al.** Monitoring the dustiness of the gymnasium. *E3S Web of Conferences* 138, 01032 (2019).
- [19] **Pacitto A, Amato F, et al.,** Effect of ventilation strategies and air purifiers on the children's exposure to airborne particles and gaseous pollutants in school gyms. *Sci Total Environ* 2020 Apr10;712:135673.
- [20] **Andrade A, Dominski FH.** Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Systematic review. *Journal of Environmental Management* 206 (2018) 577-586.

Sanificazione negli ambienti *indoor*

Marilena Cascone, marilena.cascone@senecaair.com – Roma
Seneca Air Srl
Via Barca San Domenico, 21 Sora

Riassunto

Con la Sanificazione si abbattano le cariche batteriche e si rendono inattivi i virus, al fine di eliminare i rischi di contagio da infezioni microbiche. L'azione sanificante degli oli essenziali unita al sistema Seneca Air, generano elementi ossidanti naturali (Pacman) i quali, trasportati dal flusso dell'aria, sono in grado di distruggere gli agenti inquinanti che incontrano sia nei canali che in ambiente. Il sistema Seneca Air è un nuovo modo di trattare l'aria, proponendo una tecnologia innovativa ed efficace. Essa si basa sull'applicazione della tecnica della nebulizzazione con il principio del paradosso idrodinamico (o effetto Venturi, per cui la pressione di una corrente fluida aumenta con il diminuire della velocità) e ne costituisce il brevetto depositato Seneca Air.

Summary

With Sanitization, bacterial loads are reduced and viruses are rendered inactive, in order to eliminate the risk of contagion from microbial infections. The sanitizing action of essential oils combined with the Seneca Air system, generate natural oxidizing elements (Pacman) which, transported by the air flow, are able to destroy the pollutants they encounter both in the channels and in the environment. The Seneca Air system is a new way of treating the air, offering an innovative and effective technology. It is based on the application of the nebulization technique with the principle of the hydrodynamic paradox (or Venturi effect, whereby the pressure of a fluid current increases with decreasing speed) and constitutes the patent filed by Seneca Air.

1. Introduzione

Per Sanificazione si intende la metodica utilizzata per ridurre il numero di contaminanti batterici presenti nell'aria, consentendo di mantenere livelli igienici di sicurezza. Con la Sanificazione si abbattano le cariche batteriche e si rendono inattivi i virus, al fine di eliminare i rischi di contagio da infezioni microbiche. I microbi presenti nell'aria possono fissarsi su oggetti vari come i filtri dell'aria e moltiplicarsi. Il fenomeno può determinare vari problemi dal punto di vista della salute umana, che vanno dall'induzione di fenomeni allergici alla diffusione di microrganismi potenzialmente pericolosi.

2. Relazione

- Perché sanificare?

L'*Indoor Environment management Branch* (IEMB) dell'USEPA (1998) hanno dimostrato che le concentrazioni *indoor* degli inquinanti sono 1-5 volte maggiori di quelle *outdoor* e che l'esposizione *indoor* è 10-15 volte superiore a quella *outdoor*. Recenti studi hanno dimostrato che nella Nostra società si trascorre fino al 90% del proprio tempo in luoghi chiusi ed il 30-40% di questo si passa nei luoghi di lavoro.

Negli uffici il 40% delle assenze da lavoro per malattia è dovuto a problemi di qualità dell'aria

interna degli uffici. Secondo dati ufficiali di Bruxelles l'improduttività influisce dal 2 al 4% sul PIL continentale.

L'aria che respiriamo negli ambienti indoor è trattata e distribuita dagli impianti di distribuzione aeraulica che spesso diventano elemento di contaminazione.

L'azione sanificante degli oli essenziali unita al sistema Seneca Air, generano elementi ossidanti naturali (Pacman) i quali, trasportati dal flusso dell'aria, sono in grado di distruggere gli agenti inquinanti che incontrano sia nei canali che in ambiente.

La tecnologia Seneca Air imita e riproduce ciò che avviene in natura mediante, un processo che grazie all'azione combinata dell'aria, degli oli essenziali naturali, dell'umidità, e di alcuni metalli nobili presenti in natura, genera elementi ossidanti in grado di distruggere la maggior parte delle sostanze inquinanti e tossiche; la reazione chimico-fisica che produce permette quindi di distruggere con un principio naturale attivo le sostanze inquinanti, in particolare batteri, virus, muffe. Attraverso il sistema Seneca Air si generano una reazione chimico-fisica che lega una molecola aggiuntiva di oli essenziali, a quelle preesistenti di idrogeno ed ossigeno e dell'umidità presente nell'aria (H₂O) generando così equilibrio su tutte le forme batteriche presenti in aria. Diffusi dal flusso dell'aria gli oli essenziali rendono efficaci la loro azione di sanificazione sia sulle superfici dei condotti, sia nell'aria che circola nell'ambiente e per caduta anche sulle superfici dei locali trattati.

Grazie agli agenti ossidanti che genera il sistema Seneca Air, si ha un effetto sanificante non solo nel punto in cui viene installato il sistema, ma sull'intero circuito aeraulico e di conseguenza anche negli ambienti trattati in quanto il sistema di distribuzione dell'aria permette di arrivare in ogni punto distribuendo altresì un buon profumo.

2.1 I rischi

Un'approssimativa sanificazione delle superfici (aree, arredi, attrezzature e servizi igienico-sanitari) provoca la proliferazione di: Stafilococchi aureus, Streptococchi fecali, Enterobatteri, Aspergillus spp., Human Papilloma Virus, Dermatofiti, allergeni indoor della polvere (acari, muffe, blatte).

Effetti sulla salute: infezioni batteriche (scarlattina, otiti, faringiti), infezioni virali (varicella, morbillo, rosolia, parotite, influenza, mononucleosi, raffreddore, verruche plantari), allergie, dermatosi.

Impianti di condizionamento in cattivo stato di manutenzione potrebbero generare: muffe, funghi e batteri (responsabili di malattie allergiche quali l'alveolite allergica estrinseca e l'asma bronchiale).

Legionella, responsabile della cosiddetta "Sindrome del Legionario" o Legionellosi (l'infezione può rimanere asintomatica o presentarsi con una forma simil-influenzale "Febbre di Pontiac". Nei casi più gravi può provocare una grave polmonite a mortalità elevata).

2.2 Le fonti di inquinamento

In base alle conoscenze sviluppate negli ultimi trenta/quarant'anni, le fonti di inquinamento (Tab. 1) nelle abitazioni, nei locali lavorativi, sui mezzi di trasporto possono essere così riasunte:

| Luogo | Fonti | Inquinanti |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Abitazioni, locali ricreativi | Fumo di tabacco | Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili. |
| | Forni a gas | Biossido di azoto; ossido di carbonio. |
| | Forni a legna e caminetti | Particolato respirabili; ossido di carbonio; idrocarburi policiclici aromatici. |
| | Materiali da costruzione | Radon; formaldeide. |
| | Arredamenti e prodotti di consumo | Formaldeide; composti organici volatili. |
| | Caldai a gas | Biossido di azoto; ossido di carbonio. |
| | Polvere | Agenti biologici. |
| Uffici | Fumo di tabacco | Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili. |
| | Materiali da costruzione | Formaldeide; composti organici volatili. |
| | Arredi | Formaldeide; composti organici volatili. |
| | Fotocopiatrici | Composti organici volatili. |
| | Impianti di condizionamento | Agenti biologici, particolato respirabile, biossido di azoto; ossido di carbonio. |
| Mezzi di trasporto | Fumo di tabacco | Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili. |
| | Inquinanti ambientali | Ozono negli aeromobili; ossido di carbonio e piombo negli autoveicoli. |
| | Condizionatori da automobile | Agenti biologici; particolato respirabile. |

Tab. 1 – Fonti di inquinamento [2]

3. Il sistema

Il sistema Seneca Air è un nuovo modo di trattare l'aria, proponendo una tecnologia innovativa ed efficace. Essa si basa sull'applicazione della tecnica della nebulizzazione con il principio del paradosso idrodinamico (o effetto Venturi, per cui la pressione di una corrente fluida aumenta con il diminuire della velocità) e ne costituisce il brevetto depositato Seneca Air.

Al contrario dei sistemi convenzionali dove un prodotto attivo viene riscaldato, bruciato o azionato sotto forma di particelle liquide, propagando nell'aria composti volatili nocivi per l'uomo e per l'ambiente, con i nostri sistemi la sostanza non subisce alcuna alterazione.

Seneca Air srl ad oggi è l'unica azienda in Italia ad applicare il sistema della nebulizzazione trasformando il principio attivo naturale in micro particelle secche volatili senza adduzione di acqua, ne alcool le quali si miscelano integralmente con le molecole presenti nell'atmosfera. Con questo sistema si possono così trattare spazi di notevoli volumi con esigue quantità di principio attivo partendo da una semplice profumazione di un ambiente, sino a trattamenti di sanificazione dei luoghi sensibili e di abbattimento odori attraverso la neutralizzazione totale delle molecole maleodoranti.

Tale diffusione offre molteplici vantaggi: trattamento di piccoli e grossi volumi, diffusione omogenea, miscela naturale al 100% utilizzabile in presenza umana e minimi costi di gestione. Il sistema Seneca Air per la sanificazione sfrutta le proprietà antimicrobiche dei prodotti naturali ed in particolare della Melaleuca Alternifolia o albero del Tea. L'abbinamento di questa sostanza ad un sistema che ne permette la sua nebulizzazione senza modificarne o alterarne le proprie proprietà terapeutiche battericida e microbiche, rappresenta un modo innovativo ed efficace per sanificare gli ambienti in presenza umana.

L'olio essenziale Melaleuca Alternifolia Cheel o Tea Tree Oil (TTO) è stato a lungo studiato dall'Istituto Superiore di Sanità per il suo ampio spettro di azione antimicrobica e per le sue potenziali attività terapeutiche, in particolare, l'utilizzo del suo componente terpinene-4-olo come agente antimicrobico contro Legionella Pneumophila, per la sanificazione degli impianti di trattamento aria e per la distribuzione idrica. Nel complesso, tutte le tipologie strutturali potrebbero essere sanificate dalla molecola del terpinene-4-olo. In particolare il Tea Tree Oil risulta un efficace sanificante sulle seguenti cariche batteriche: carica batterica mesofila, carica batterica psicofila, carica micetica totale, batteri coliformi, batteri enterococchi, legionella E stafilococco aureus La tecnica è particolarmente indicata per effettuare rapidi ed efficaci trattamenti sanificanti di ambienti chiusi di differenti dimensioni, in unico ciclo operativo, con la massima sicurezza di igiene. Gli ambienti maggiormente a rischio e quindi i più indicati per un trattamento sanificante dell'aria, sono quelli frequentati da molte persone come asili, alberghi, fiere, scuole, università, case di riposo, cliniche, palestre, call-center, treni, aeroporti, navi, e quegli ambienti lavorativi che richiedono un livello di igiene superiore.

Il metodo Seneca Air per la sanificazione dell'aria rappresenta il completamento del quotidiano servizio di pulizia per una certificazione di igiene e sanificazione di tutte le superfici presenti in ambiente lavorativo.

4. L'installazione

I metodi Seneca Air possono essere installati nel condotto di aereazione a valle dell'UTA in modo che il flusso d'aria trattata attraversi correttamente il modulo. I sistemi possono essere installati in un qualunque sistema HVAC, collocandoli in un plenum o direttamente al di sopra dell'unità di ventilazione. Qualora sia necessario installare unità multiple nella stessa area del plenum, è consigliabile distanziare le unità in modo da permettere a queste ultime di incontrare correttamente il flusso dell'aria. Inoltre possono essere installati direttamente in ambiente, sia a scomparsa sia come oggetto d'arredamento, inoltre ciò che distingue la nostra azienda dai competitors è la possibilità di costruire impianti custom in base alle esigenze del cliente. La tecnologia Seneca air ha come filosofia l'utilizzo esclusivo di prodotti di sanificazione attiva che si caratterizzano per l'uso di oli essenziali. Il potenziale d'azione legato alla reazione fisico-chimica che in essi si verifica conduce ad una sanificazione anche dei canali stessi, che spesso sono il nido di muffe e batteri in grado di causare la diffusione di malattie ed allergie, soprattutto in ambiente lavorativo. Nel tempo, infatti, i canali possono facilmente

divenire preda di microrganismi quali batteri, muffe e funghi che grazie al trascinamento dell'aria aumentano sensibilmente il potenziale contagio tra persone presenti nello stesso ambiente. A differenza delle tipiche azioni di «bonifica» dei canali, che sarebbe consigliabile venissero effettuate comunque al fine di eliminare il particolato depositatosi nel corso del tempo, l'installazione dei sistemi Seneca air permette di aggredire e distruggere in maniera continua i microrganismi nocivi sia all' interno dei canali stessi che in ambiente, evitando la proliferazione dei batteri e soprattutto la ricontaminazione che può avvenire anche a distanza di poco tempo. Seneca Air ricerca costantemente i migliori metodi di intervento per garantire e mantenere un'ottima qualità dell'aria ed ambienti sicuri in cui vivere, lavorare, transitare.

5. Attività in vitro dell'olio essenziale di melaleuca alternifolia cheel (tea tree oil) nei confronti di legionella pneumophila.

Il metodo della micro-brodo-diluzione (come individuato nei rapporti ISTISAN 2008, Istituto Superiore di Sanità) ha dimostrato che TTO ha effetto inibente sulla crescita dei ceppi di riferimento di Lp con una MIC di 0,25% v/v, mentre ha effetto battericida alla concentrazione da 0,5% v/v (Tab. 2). Gli stessi risultati sono stati osservati nel caso di ceppi di origine clinica e ambientale (Tab. 3).

| Ceppo | MIC** | MIC range | MBC** | MBC range |
|-----------------|-------|------------|-------|-----------|
| Lp 1 ATCC 33152 | 0,25 | 0,0078-0,5 | 0,5 | 0,25-1,0 |
| Lp 6 ATCC 33215 | 0,25 | 0,06-0,5 | 0,5 | 0,25-2,0 |

Tab. 2 – Attività antibatterica del TTO* nei confronti di ceppi di riferimento ATCC di *L. pneumophila* sierogruppi 1 e 6. *diluizioni seriali del TTO da 4% a 0,0078% v/v; **MIC e MBC più frequenti.

| Ceppo | n. ceppi | MIC 50 | MIC 90 | MIC range | MBC 50 | MBC 90 | MBC range |
|--------|----------|--------|--------|------------|--------|--------|-----------|
| Lp1** | 12 | 0,25 | 0,25 | 0,125-0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,50-1,0 |
| Lp6*** | 10 | 0,25 | 0,25 | 0,25-0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,50-0,10 |

Tab. 3 – Attività antibatterica del TTO* nei confronti di ceppi di *L. pneumophila* sierogruppi 1 e 6 di origine umana e ambientale. *diluizione seriale del TTO da 4% a 0,0078% v/v; ***L. Pneumophila* sierogruppo 1 (1 ATCC. 5 ceppi clinici e 6 ambientali); ****L. pneumophila* sierogruppo 6 (1 ATCC, 5 ceppi clinici e 6 ambientali);

Infine come mostrato nella tabella sottostante (Tab. 4), il metodo della diffusione in micro-atmosfera rivela come i vapori di TTO abbiano effetto totalmente inibente sulla crescita di Legionella.

| Ceppo | Controllo* | TTO* | Terpinene-4-olo* |
|-----------------|------------|------|------------------|
| Lp 1 ATCC 33152 | 0 | 90 | 90 |
| Lp 3 ATCC 33155 | 0 | 90 | 90 |
| Lp 6 ATCC 33215 | 0 | 90 | 90 |
| Lp 8 ATCC 35096 | 0 | 90 | 90 |

Tab. 4 – Inibizione della crescita di ceppi di riferimento di *L. pneumophila* dovuta a vapori di TTO o di terpinene-4-olo.*Zona di inibizione in mm

6. Conclusioni

Il progetto ha lo scopo di dimostrare l'efficacia delle tante proprietà contenute nell'estratto (Olio Essenziale) di melaleuca alternifolia e di come sia possibile diffondere in modo omogeneo e veloce tale sostanza presente sotto forma liquida, e micronizzata sotto forma gassosa con il sistema Seneca Air.

Il metodo Seneca Air per la sanificazione dell'aria utilizza il processo di micronizzazione a secco di una soluzione sanificante: questo tipo di tecnica igienizzante si è dimostrata uno delle più affidabili scientificamente, e senza dubbio la migliore e la più conveniente dal punto di vista della praticità ed economicità. La tecnica è particolarmente indicata per effettuare rapidi ed efficaci trattamenti sanificanti di ambienti chiusi di differenti dimensioni, in unico ciclo operativo, con la massima sicurezza di igiene. Gli ambienti maggiormente a rischio e quindi i più indicati per un trattamento sanificante dell'aria, sono quelli frequentati da molte persone come asili, alberghi, fiere, scuole, università, case di riposo, cliniche, palestre, call-center, treni, aeroporti, navi, e quegli ambienti lavorativi che richiedono un livello di igiene superiore. Il metodo Seneca Air per la sanificazione dell'aria rappresenta il completamento del quotidiano servizio di pulizia per una certificazione di igiene e sanificazione di tutte le superfici presenti in ambiente lavorativo. Seneca Air ricerca costantemente i migliori metodi di intervento per garantire e mantenere un'ottima qualità dell'aria ed ambienti sicuri in cui vivere, lavorare, transitare. Seneca Air adotta apparecchiature in grado di emettere una sospensione mista aerosolica ed iperareosolica per ottenere sia la disinfezione dell'aria che quella delle superfici. L'emissione della nebbia secca avviene fino alla saturazione dell'ambiente da sanificare, in poco tempo e proporzionalmente alle dimensioni dell'area da trattare, con particelle delle dimensioni ridotte fino a 5 micron che tendono a rimanere sospese nell'aria, mentre quelle di diametro superiore, tendono a depositarsi sulle superfici esposte. L'adozione del nostro trattamento significa trasparenza nei confronti dei lavoratori e di tutti gli organi sindacali nel prevenire e monitorare costantemente le condizioni ambientali sul luogo di lavoro, si traduce nella riduzione dell'assenteismo dal posto di lavoro per problemi allergici, emicrania e forme influenzali, e fornisce alla vostra azienda un ritorno di immagine nei confronti di tutti i possibili clienti, fornitori e collaboratori. La sanificazione con metodo Seneca Air significa massima sicurezza per persone ed oggetti con un risultato garantito di igiene totale.

Bibliografia

- [1] Rapporti ISTISAN 2008 - Istituto Superiore di Sanità – A cura di Andrea Geraci, Francesca Mondello e Annarita Stringaro – Roma;
- [2] Rapporti Istisan 2013-Istituto Superiore di Sanità - A cura di Sergio Fuselli, Loredana Musmeci, Antonella Pillozzi, Anna Santarsiero e Gaetano Settimo - Roma

BIOREMEDIATION AND SITE REQUALIFICATION

TECNOLOGIE INNOVATIVE E SOSTENIBILI: RECENTI EVOLUZIONI DELLA RICERCA APPLICATA NAZIONALE E INTERNAZIONALE

Negli ultimi anni, la ricerca scientifica ha consentito il significativo miglioramento sia nella comprensione della dinamica della contaminazione che nello sviluppo di appropriate tecnologie di caratterizzazione e di bonifica dei siti inquinati.

Le tecniche tradizionali per la caratterizzazione sono ormai affiancate da nuove tecnologie, certamente molto meno invasive, che, sfruttando sensoristica avanzata, consentono una più accurata identificazione e delimitazione delle sorgenti secondarie attive, risolvendo una delle grandi limitazioni nel raggiungimento degli obiettivi (corretta identificazione delle sorgenti).

Parallelamente, notevoli sono gli sviluppi nel campo delle tecnologie di bonifica “sostenibili”, termine che nel caso delle bonifiche coincide spesso con quello di “efficaci”.

La sessione presenta un contributo all'interno di queste tematiche.

A cura di: **Comitato Tecnico Scientifico di Ecomondo**

Presidenti di sessione:

- Marco Petrangeli Papini, *Università di Roma*
- Donatella Giacometti, *Unione Petrolifera*

Il sistema G.Re.T.A., una soluzione innovativa per il monitoraggio delle discariche e dei siti contaminati

*Greta Tresoldi, greta.tresoldi@lsi-lastem.com, LSI Lastem, Settala (MI), Italy
Azadeh Hojat, Shabid Babonar University of Kerman, Kerman, Iran – Politecnico di Milano,
Milan, Italy
Luigi Zanzi, Politecnico di Milano, Milan, Italy*

Riassunto

G.Re.T.A. (Geoelectrical Resistivimeter for Time lapse Analysis) è un geo-resistivimetro autonomo per installazioni di lungo periodo, realizzato da LSI Lastem con il supporto scientifico del Politecnico di Milano. Utilizza la Tomografia di Resistività Elettrica (ERT), che viene utilizzata nelle discariche per mapparne la struttura, identificare possibili perdite di percolato attraverso il rivestimento teoricamente impermeabile e per seguire i percorsi di filtrazione. I siti contaminati possono essere monitorati prima, durante e dopo l'attività di bonifica. La maggior parte degli studi realizzati finora sono basati su singole misure, G.Re.T.A., al contrario, permette un monitoraggio in continuo per evidenziare possibili sversamenti di percolato al di fuori dell'area confinata o la dispersione di inquinanti. In questo lavoro si descrivono gli studi preliminari per il monitoraggio di una condotta per il trasporto del percolato.

Summary

G.Re.T.A. (Geoelectrical Resistivimeter for Time lapse Analysis) is an autonomous geo-resistivimeter for long-term installations, developed by LSI Lastem with the scientific support of Politecnico di Milano. It uses the Electrical Resistivity Tomography (ERT), which is widely used in landfills to map the structure, to identify possible leachate leakages beyond the theoretically impervious liners, and to track the subsurface infiltration paths. Contaminated sites can be monitored before, during and after remediation processes. Most studies realized so far are based on single-shot measurements, G.Re.T.A., on the contrary, allows continuous monitoring to underline possible leachate leakages beyond the confined area or the spillage of contaminants. In this work preliminary studies for monitoring a pipeline for leachate transport are described.

1. Introduzione

Le discariche controllate possono divenire fonte di inquinamento del suolo, dell'aria e della falda, per questa ragione necessitano di un monitoraggio costante. Una delle problematiche che interessano le discariche è il danneggiamento della geomembrana isolante, che, a causa della subsidenza dei rifiuti, può lacerarsi e permettere la fuoriuscita di percolato e altri inquinanti. Il monitoraggio dell'integrità della geomembrana, così come il controllo della diffusione di inquinanti nel sottosuolo, è di prioritaria importanza nell'ottica di evitare danni ambientali nella zona circostante e nella falda.

Da diversi anni i metodi geoelettrici sono utilizzati per localizzare filtrazioni nel rivestimento delle discariche. Tra questi, uno di quelli maggiormente usati è il metodo standardizzato a Di-

polo (ASTM D7007, 2004), dove una corrente continua viene iniettata tra due elettrodi, uno posto all'interno della geomembrana e uno all'esterno. La membrana integra può considerarsi perfettamente isolante al passaggio di corrente, mentre una falla nel rivestimento ne permette il passaggio, causando un'anomalia nella tensione misurata. Questa metodologia fornisce buoni risultati in caso di materiali omogenei con uno spessore massimo di 1-2 m, mentre in altre condizioni può fornire risultati errati o restituire segnali troppo deboli per essere riconosciuti. Un'altra metodologia geoelettrica che ha fornito risultati eccellenti nella mappatura dell'intero corpo delle discariche, nella delineazione dei confini impermeabili e nel riconoscimento di zone di filtrazione, è la Tomografia di Resistività Elettrica (ERT) [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Diversamente dal metodo a Dipolo, la metodologia ERT, utilizzando un ampio numero di elettrodi per ogni sessione di misura, restituisce una "immagine" del sottosuolo in termini di resistività. Solitamente questo metodo è utilizzato come misura spot, con la limitazione derivante dalla difficile interpretazione delle zone a diversa resistività, che potrebbero essere legate da una parte a proprietà diverse del terreno d'indagine e dall'altra a presenza di contaminanti, oppure attraverso campagne di misura time-lapse, con la ripetizione a distanza di tempo delle medesime indagini.

G.Re.T.A (Geo Resistivimeter for Time-lapse Analysis), il georesistivimetro per installazioni fisse progettato da LSI Lastem con il supporto scientifico del Politecnico di Milano, invece, permette il monitoraggio in tempo reale della discarica o del sito contaminato, per intercettare tempestivamente possibili sversamenti di percolato o di inquinanti.

2. Relazione

2.1 Il sistema G.Re.T.A.

Il sistema G.Re.T.A., basato sulla metodologia ERT, è composto da un'unità centrale per la misura, l'alimentazione e la comunicazione, e da due cavi equipaggiati con 24 elettrodi l'uno. Il sistema può essere installato con cavi ed elettrodi sepolti in una trincea poco profonda (30-50 cm) per proteggerli da animali e dal passaggio di uomini e mezzi, o posizionati sulla superficie del terreno, nel caso di installazione di medio periodo. Nel primo caso è consigliato l'utilizzo di elettrodi a piastra per garantire un miglior accoppiamento elettrodo-terreno, nel secondo, elettrodi a picchetto di più veloce installazione. Il sistema è alimentato da pannello solare o da rete elettrica ed è connesso a un database e software su cloud, dove i dati sono inviati, memorizzati, elaborati e analizzati automaticamente. L'utente può accedere alla piattaforma, consultare i dati, confrontare dati di giorni diversi, aggiornare il sistema e programmare le acquisizioni. È presente un'area dedicata alle soglie da impostare in base alle variazioni di resistività tra misure di giorni differenti, al superamento delle quali l'utente verrà notificato con un messaggio di allerta.

Il sistema è già stato installato in diversi siti per il monitoraggio della filtrazione all'interno di rilevati arginali (Fig. 1), con l'obiettivo della mitigazione del rischio idrogeologico e delle perdite di risorsa idrica nella rete irrigua [7, 8, 9, 10].



Fig. 1 – Centralina di monitoraggio geoelettrico G.Re.T.A. installata a Colorno (PR) su un argine del Torrente Parma, unitamente ad una stazione meteorologica

2.2 Studi preliminari per il monitoraggio di una condotta

Un impianto di compostaggio ha richiesto uno studio per l'applicazione del monitoraggio geoelettrico in continuo di una condotta di trasporto del percolato dall'impianto al depuratore, interrata a 1 m di profondità per una lunghezza di 3500 m.

Al fine di valutare la sensibilità del sistema, in funzione delle diverse spazature elettrodeiche, a uno sversamento di percolato causato da una rottura della condotta di trasporto, sono state effettuate simulazioni numeriche atte a quantificare il volume di terreno che deve essere interessato da contaminazione affinché il sistema registri un'anomalia.

2.2.1 Forward modelling di resistività

A tale scopo è stato utilizzato il software Res3dmod [11], dove è stato introdotto un modello 3D della condotta, del terreno circostante e della falda sottostante, sono stati calcolati 10 scenari in cui è stata simulata una perdita dalla condotta con volume di terreno interessato via via crescente (da 2,5 m³ a 62,9 m³). Il modello è stato costruito conoscendo le caratteristiche del terreno, grazie a una relazione geologica e a delle misure preliminari geoelettriche, essendo nota la posizione della falda a seguito di dati piezometrici e sapendo la geometria, il materiale della condotta e la resistività del percolato da indagini di laboratorio interne. La condotta si trova a una profondità di 1 m ed ha un diametro di 0,35 m, la falda si trova a una profondità di 4 m ed è localizzata in un orizzonte con uno spessore di 3 m (Fig. 2a). Il modello è stato caratterizzato dai seguenti valori di resistività:

- terreno argilloso limoso: 8 Ω m
- condotta in PVC: 250000 Ω m
- falda acquifera in orizzonte limo-sabbioso: 30 Ω m
- terreno interessato da sversamento di percolato: 4 Ω m

Per ogni modello è stata calcolata la risposta teorica in termini di resistività apparente per

un'acquisizione con geometria Wenner (elettrodi equispaziati) impostando 48 elettrodi in direzione x con spaziatura 1,5 m e 16 elettrodi in direzione y con spaziatura 0,75 m.

Il modello 3D ha una dimensione di 70,5 m (direz. x) x 11,25 m (direz. y) x 150 m (direz. z) e una risoluzione pari a metà delle spaziature elettrode, quindi di 0,75 m in direzione x (parallela alla condotta) e di 0,375 m in direzione y (perpendicolare alla condotta), con 17 livelli in direzione z con spessore crescente con la profondità fino a 150 m.

La risposta in termini di resistività apparente dei singoli livelli di misura, equivalenti a spaziature via via crescenti (1,5 m - 3 m - 4,5 m - 6 m - 7,5 m) è stata studiata in termini di variazione percentuale di resistività apparente rispetto allo scenario T0 (pre-sversamento). È stato selezionato il profilo lungo la direzione x esattamente sopra la condotta, come effettivamente avverrebbe a seguito di installazione del sistema G.Re.T.A., per sfruttare al massimo la sensibilità dello strumento a variazioni presenti nel piano verticale dello stendimento.

Al fine di includere il rumore che può interessare l'acquisizione in campo, si è definita una soglia di variazione negativa di resistività apparente pari al 10%, al superamento della quale si suppone che lo strumento, con tale spaziatura, sia in grado di discriminare l'anomalia.

Dalla fase 1 alla fase 9 è stato incrementato il numero di celle del modello adiacenti alla parte centrale della tubazione interessate da sversamento di percolato, ovvero caratterizzate da resistività di 4 Ω m, coinvolgendo così un volume crescente a partire da 2,5 m³ fino ad arrivare a 62,9 m³ (Fig. 2b).

2.2.2 Risultati

Le simulazioni numeriche hanno mostrato come, anche a seguito della variazione di resistività di un piccolo volume, le misure vengano influenzate registrando una diminuzione in corrispondenza della zona interessata dallo sversamento. La soglia di variazione percentuale del -10% viene superata durante la fase 2, con un volume interessato da sversamento di 4,2 m³ grazie alle misure realizzate con la spaziatura minima pari a 1,5 m, durante la fase 3 (7,2 m³) per misure con spaziatura di 3 m, mentre affinché la sensibilità delle misure con spaziatura di 7,5 m sia sufficiente bisogna aspettare la fase 9 con 62,9 m³ di terreno contaminato.

Il test ha dimostrato come la sensibilità delle misure geoelettriche, utilizzando una certa spaziatura, aumenti all'aumentare delle dimensioni del target da individuare e allo stesso tempo, a parità di dimensioni dell'anomalia, diminuisca all'aumentare della spaziatura interelettrode. In poche parole, implementando una geometria di acquisizione con una spaziatura maggiore, sarà necessario attendere che la contaminazione aumenti maggiormente in termini di volume affinché sia possibile individuarla.

A seguito di quest'analisi sono stati invertiti i dati sintetici di resistività apparente del profilo studiato, per ottenere una visualizzazione del sottosuolo indagato ai vari istanti di tempo. L'inversione della misura al tempo T0 (Fig. 2c) ha ricostruito un primo strato conduttivo di circa 8 Ω m fino ad una profondità di circa 4 m, andando a descrivere adeguatamente il primo orizzonte argilloso limoso, e un secondo orizzonte fino a circa 8 m di profondità, di resistività maggiore, pari a circa 18 Ω m, sottostimando la reale resistività dell'acquifero e sovrastimandone lo spessore. Come era lecito aspettarsi, il dato sintetico non ha riprodotto la tubazione, che avendo una resistività pressoché infinita, agisce da isolante per la corrente, che predilige il passaggio attorno al tubo nel suolo conduttivo.

L'inversione al tempo T2 (Fig. 2c) evidenzia chiaramente una zona a bassa resistività, intorno ai 6 Ω m, nella posizione della zona di filtrazione.

L'analisi a tempi diversi evidenzia l'importanza dell'esecuzione dell'indagine time-lapse, in quanto solo avendo a disposizione il dato prima che avvenga uno sversamento sarà possibile riconoscere una zona a media resistività, in questo caso molto simile a quella del terreno ospitante, come una filtrazione di materiale inquinante. Realizzando indagini spot è molto difficile

riconoscere la causa delle eterogeneità di resistività del sottosuolo, in quanto anche porosità o granulometrie differenti possono causare eterogeneità spaziale nel dato, grazie all'indagine in continuo sarà però possibile apprezzare le variazioni temporali dei valori, sintomo di una variazione delle caratteristiche del sottosuolo.

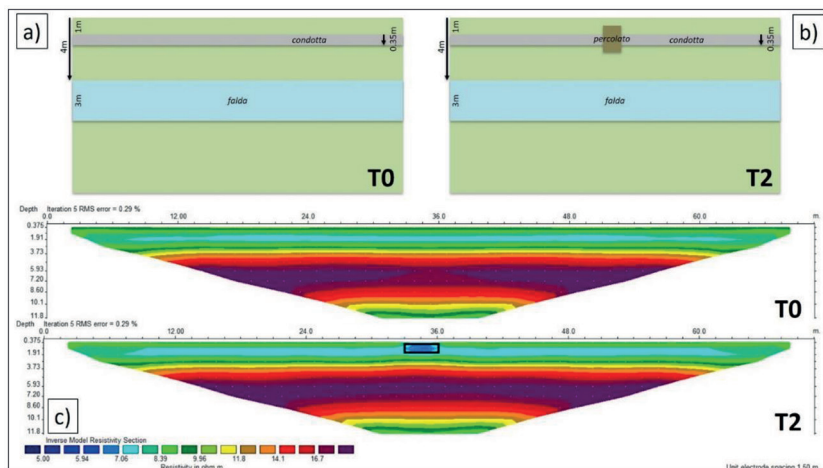


Fig. 2 – Modelli introdotti nel forward modelling di resistività: a) Fase T0 pre-sversamento; b) Fase T2 di sversamento di percolato. c) Risultati in termini di resistività invertita: al tempo T0 in assenza di filtrazione; al tempo T2 in presenza di filtrazione. Si noti la zona conduttiva concentrata in concomitanza della filtrazione (evidenziata con un rettangolo nero)

3. Conclusioni

I metodi geoelettrici si sono dimostrati adatti al monitoraggio di discariche e siti contaminati, in quanto la resistività degli inquinanti è spesso diversa da quella del suolo che li ospita, questa caratteristica fa sì che gli sversamenti siano facilmente identificabili.

G.Re.T.A. è una nuova tipologia di resistivimetro, basato su una tecnologia nota, la ERT, che può essere utilizzata efficacemente per il monitoraggio di discariche e siti contaminati. La possibilità di installazione fissa permette il monitoraggio costante delle condizioni del sottosuolo, la determinazione tempestiva e sicura di possibili perdite e la mappatura dei percorsi di filtrazione che possono inquinare le zone circostanti e la falda acquifera. Il controllo remoto del sistema e la possibilità di impostare soglie di allarme sono strumenti utili per un efficace controllo delle zone a rischio.

G.Re.T.A. è uno strumento efficace per il monitoraggio delle discariche, sia durante il periodo di operatività che a seguito della chiusura, in quanto il percolato ha normalmente una resistività molto bassa, facilmente riconoscibile. Il sistema può essere utilizzato anche per monitorare siti contaminati, per valutare la buona riuscita di opere di bonifica nel tempo e per mappare la propagazione di contaminanti.

Lo studio preliminare per il monitoraggio di una condotta per il trasporto del percolato ha mostrato come sia importante valutare la giusta spaziatura elettrodica con l'obiettivo di riconoscere in tempo utile un fenomeno di sversamento di percolato da una tubazione di piccolo diametro. Con piccole spaziature (fino a 3 m) il sistema riesce efficacemente a riconoscere variazioni di resistività del suolo di limitata estensione; volendo utilizzare spaziature maggiori (7,5 m), è necessario attendere che il fenomeno si sia evoluto fino ad interessare 62,9 m³ di terreno.

Dallo studio è emerso chiaramente come, soprattutto in situazioni di terreno ospitante con-

duttivo, sia importante effettuare misure in continuo in modo da riconoscere tempestivamente variazioni di resistività del sottosuolo.

Bibliografia

- [1] Vargemezis G.N., Tsourlos P., Fikos I., Tsokas G., Kazakis N., 2014, *Geoelectrical Monitoring of a Decommissioned Landfill in Thessaloniki (N. Greece)*, Proceeding of: Near Surface Geoscience 2014, Athens, Greece, 14th-18th September 2014.
- [2] Park S., Yi M.J., Kim J.H., Shin S.W., 2016, *Electrical resistivity imaging (ERI) monitoring for groundwater*, Journal of Applied Geophysics, 135, 1–7, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.07.004>.
- [3] Tsourlos P., Vargemezis G.N., Fikos I., Power C., 2017, *Geoelectrical Monitoring for locating leaking points at landfills*, Proceeding of: Near Surface Geoscience 2017, Malmo, Sweden, 3rd-7th September 2017.
- [4] Yin K., Wang J.Y., 2017, *Multiple geophysical surveys for old landfill monitoring in Singapore*, Environ. Monit. Assess., 189 (20), DOI 10.1007/s10661-016-5722-4.
- [5] Zawadzki Ł., Wychowaniak D., Lech M., 2018, *Electrical resistivity methods for landfill monitoring*, Land Reclamation, 50 (2), 183–193, 10.2478/ssgw-2018-0015.
- [6] Aguzzoli A., Hojat A., Zanzi L., Arosio D. (2020) Two dimensional ERT simulations to check the integrity of geomembranes at the base of landfill bodies. 26th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Amsterdam, The Netherlands.
- [7] Arosio D., Munda S., Tresoldi G., Papini M., Longoni L., Zanzi L. (2017), A customized resistivity system for monitoring saturation and seepage in earthen levees: installation and validation. Open Geosciences, 9, 457–467. <https://doi.org/10.1515/geo-2017-0035>.
- [8] Tresoldi G., Arosio D., Hojat A., Longoni L., Papini M., Zanzi L., (2018), Tech-levee-watch: experimenting an integrated geophysical system for stability assessment of levees, Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 46, 38–43. <https://doi.org/10.3301/ROL.2018.49>.
- [9] Tresoldi G., Arosio D., Hojat A., Longoni L., Papini M., Zanzi L., (2019), Long-term hydrogeophysical monitoring of the internal condition of river levees, Engineering Geology, 259, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.05.016>.
- [10] Hojat A., Arosio D., Ivanov V.I., Loke M.H., Longoni L., Papini M., Tresoldi G., Zanzi L., (2020), Quantifying seasonal 3D effects for a permanent electrical resistivity tomography monitoring system along the embankment of an irrigation canal. Near Surface Geophysics, 18, 4, 427-443. <https://doi.org/10.1002/nsg.12110>.
- [11] Loke M.H., (2014), RES3DMODx64 ver. 3.04: 3-D resistivity and IP forward modeling using the finite-difference and finite-element methods. www.geotomosoft.com.

Indice degli autori

Accastello Cristian 337
Agostini Ramona 57
Amato Anna 439
Amodeo Elisa 139
Andreottola Gianni 229
Astone Massimo 220
Aversa Patrizia 439
Avolio Francesco 305

Bacchiega Ugo 111
Bacco Valerio 220
Bahonar Shahid 471
Barba Daniela 220
Bax Carmen 389
Belli Roberto 296
Bergero Paola 345
Bertoldi Ilaria 130
Bianchi Federica 57
Bianchini Augusto 57
Boccarossa Massimiliano 87
Bona Daniela 229
Bonacini Massimo 296
Bonazzi Giuseppe 328
Boniardi Gaia 18
Bonvicini Sarah 111
Borghesi Roberto 409
Boscolo Cucco Stefano 374
Branchetti Samuele 57
Brini Silvia 445, 452

Callejo Munoz David 13, 79, 402, 426
Cammillozzi Flavio 178
Canziani Roberto 18
Capelli Laura 389
Cappelletti Giulio Mario 96, 104, 273
Caridei Francesco 111
Carlucci Carlo 409
Carrara Paolo 49
Cascone Marilena 416, 462

Castorini Antonio 265
Cavallo Marino 315
Cecchini Giancarlo 178
Chiozza Pablo 321
Ciavarella Domenico 374
Contini Paolo 367
Crespi Matteo 111
Crovello Tiziana 280
Cutaia Laura 118

D'Aprile Laura 130
D'Orta Carlo 122
De Maio Elisabetta 445
De Maio Francesca 445, 452
Debbia Isabella 152
Del Monte Maurizio 130
Di Muzio Mauro 367
Di Niro Annunziata 367
Di Noia Alfredo Ernesto 96, 104
Di Renzo Andrea 259
Diana Mario 439
Dièz Ismael 13
Diéz Ismael 79
Duarte Castro Francine 118

Farabegoli Geneve 288
Fardelli Antonio 37, 166
Filippi Alessandro 178
Fiori Luca 229
Foa Paolo 236
Francischelli Agostino 367
Fux Christian 236

Gadaleta Claudio 259
Gambarotta Agostino 57
Garuti Mirco 72, 250
Gatti Manuele 57
Geranzani Marta Giovanna 130
Ghiringhelli Giorgio 139

Giardi Giuliana 445, 452
 Giardina Giuseppe 321
 Giraldi David 146
 Girardi Nicoletta 130
 Giuliano Roberta 345
 Gonzalez Egidio Sergio 13, 79
 Guglielmi Lorena 296
 Gullino Maria Lodovica 65
 Guzzini Alessandro 57

 Hojat Azadeh 471

 Iacono Caterina 173
 Invernizzi Marzio 397
 Iobstraibizer Aram 152
 Italiano Pietro 402, 426
 Izzo Maria Pina 367

 Labartino Nicola 250
 Lagioia Giovanni 280
 Lattanzio Emanuele 259
 Lecce Emilio 367
 Lena Claudio 25
 Leoncini Andrea 351
 Lepore Arianna 445, 452
 Leti Chiara 130
 Loperfido Marco 130
 Lotesoriere Beatrice Julia 389
 Luccarini Luca 305
 Lupino Massimo 185
 Lupo Michele 87

 Madau Martina 130
 Magli Francesco 57
 Mangiagli Sebastiano 31
 Mantovi Paolo 296, 328
 Manuzzi Raffaella 409
 Marchesi Riccardo 243
 Mari Massimo 37, 166
 Marinelli Marco 367
 Marrazzo Romualdo 420
 Martinelli Giulia 259
 Mascioli Alessandra 37, 166
 Mattia Sonia 236, 265
 Mazzi Anna 159
 Mazziotti Carla 37
 Mazziotti Gomez deTeran Carla 166
 Melito Ivano 374
 Merello Laura 351

 Miccio Antonino 173
 Miletto Enrico 178
 Mirabelli Angelo 44
 Moretti Francesca 44
 Moretti Massimo 44
 Morini Mirko 57
 Moscato Ivana 13, 79, 402, 426
 Munari Silvia 159

 Neri Paolo 49
 Nicoletti Giuseppe Martino 96, 104, 273
 Nigliaccio Giuseppe 57
 Novelli Elisa 220

 Pagani Paolo 139
 Pagano Marco 111
 Paiano Annarita 280
 Palmarini Daniele 185
 Panza Alessandro 13, 79, 402, 426
 Paolucci Fabrizio 305
 Passarini Fabrizio 87
 Peruzzi Paolo 193
 Petolicchio Angelo 220
 Piccinini Sergio 72, 250
 Pirollo Lucia 25
 Procida Tiziana 220
 Pugliese Massimo 65

 Rebelo Anabela 288
 Riboni Nicolò 57
 Rinaldi Andrea 201
 Rocca Piscivino Rossella 259
 Romboli Fabrizio 243
 Romoli Debora 207
 Rosati Sabrina 328
 Roveda Luca 397
 Russo Carlo 273
 Russo Gaetano Giuseppe Domenico 212

 Saragoni Laura 57
 Sartori Diana 345
 Sbarbaro Giuseppe 139
 Scaccabarozzi Roberto 57
 Schiavarelli Nicola 44
 Scrinzi Donato 229
 Sedano Sergio 79
 Semeghini Giulia 328
 Sguario Carlo 139
 Silvestri Silvia 229

Sinisgalli Erika 72, 250
Sironi Selena 397
Sodano Sergio 13
Soldano Mariangela 72
Someus Edward 65
Stacchini Valeria 430
Steri Andrea 146

Tandoi Eleonora 49
Tavano Alessandra 259
Tedesco Gerardo 220
Tosetto Marta 130
Tresoldi Greta 471
Trucco Federico 65

Turolla Andrea 18

Urbano Giorgio 351

Vaccari Mentore 118
Vaira Lucio 337
Vassura Ivano 87
Vazzana Fabrizio 420
Venezia Elisabetta 381
Ventura Francesco 220

Zanzi Luigi 471
Zarino Sonia 358

