Airi
ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA RICERCA
INDUSTRIALE

NUOVE COMPETENZE DELLA RICERCA E INNOVAZIONE INDUSTRIALE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE

WORKING PAPER AIRI

EDUCATION, GIOVANI, RICERCA E INDUSTRIA

OTTOBRE 2023



NUOVE COMPETENZE DELLA RICERCA E INNOVAZIONE INDUSTRIALE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE

WORKING PAPER AIRI

EDUCATION, GIOVANI, RICERCA E INDUSTRIA

OTTOBRE 2023

Gruppo di lavoro Airi
Education, Giovani, Ricerca e Industria
Pirelli (Coordinamento)
Bracco, Federchimica, Fincantieri, Italcementi, Lfoundry, Smilab, Ayming, CRS Laghi, Lapetre, Service Group R&D, Enea, Scuola Normale Superiore, Chilab-Politecnico di Torino, Università di Pisa

Redazione
Vitantonio Altobello (Airi), Sara Morisani (Airi), Sesto Viticoli (Airi), Marcella Murru (Bracco), Grazia Barberio (ENEA), Francesca Cappellaro (ENEA), Francesca Ceruti (ENEA), Erika Mancuso (ENEA), Fulvia Pernice (ENEA), Veronica Cremonesi (Federchimica), Dania Della Giovanna (Federchimica), Claudia Capone (Italcementi), Federica Ravelli (Italcementi), Flavio Ubezio (Lapetre), Idano di Ciocco (Pirelli), Lucio Pinto (Pirelli), Sofia Bettoni (Smilab), Fabio Chiesa (Smilab), Chiara Galletti (Università di Pisa)

Airi – Associazione Italiana per la Ricerca Industriale
Viale Gorizia, 25/c 00198 Roma
+39 068848831
info@airi.it - www.airi.it

Indice

Premessa 7

Scenario - Zero emissioni nette: Un nuovo paradigma per la ricerca e l'innovazione 9
Transizione green tra cooperazione internazionale e regionalizzazione 13
L'audace programma di decarbonizzazione dell'Unione Europea 21
La situazione italiana e il valore dell'economia circolare 28

Tecnologie per l'economia circolare 37
Ambiente ed economia circolare 37
Manifatturiero avanzato e meccatronica 37
Digitale 38
Costruzioni 39
Trasporti 40
Energia 41
Chimica 42

Organizzazione della ricerca industriale e nuove competenze per l'economia circolare 45
Il fabbisogno di personale qualificato per la net zero 45
Il nuovo posizionamento organizzativo delle industrie a trazione net zero 49
La ricerca industriale per l'economia circolare 50
Competenze a confronto 52
Raccomandazioni per la formazione di competenze del personale della R&S nell'economia circolare 58

Casi di studio 63
Eco & safety design: un approccio integrato alla decarbonizzazione della produzione e allo sviluppo circolare di prodotto nella filiera dei trasporti, Pirelli 63
Sostenibilità, digitalizzazione e leadership dei materiali da costruzione nel modello organizzativo di Italcementi, gruppo Heidelberg Materials 69
Macchinari intelligenti, sostenibili e resilienti per l'advanced manufacturing. Il progetto di ricerca e sviluppo IBS - Intelligent Bottling System di Smigroup - Smilab 73
La collaborazione tra R&S e innovazione nel design sostenibile di prodotto nel settore farmaceutico, Lapetre 79
Open science e interdisciplinarietà per la formazione di esperti e ricercatori industriali dell' eco-innovazione, Enea 80
Formazione delle competenze in economia circolare, Università di Pisa 89

Premessa

L'accelerazione impressa dai governi e dal sistema produttivo alla doppia transizione, digitale e verde, caratterizza a livello globale la quarta rivoluzione industriale e, probabilmente, l'avvio reale del secolo XXI con la ricerca di un nuovo ordine mondiale.

Per la prima volta nella storia umana, **il valore ambientale entra nel campo dello sviluppo economico e produttivo** e la sostenibilità diventa un fattore distintivo dei mercati più avanzati.
L'Unione europea si è fatta principale interprete politica e normativa degli obiettivi di sviluppo sostenibile indicati dalle Nazioni Unite, tradotti in prassi industriali grazie ai criteri ESG (Environmental, Social, Governance).
Il processo di decarbonizzazione, da realizzarsi entro metà di questo secolo, permette di far circolare nuova linfa nel complesso sistema di valori interni e internazionali del vecchio continente, nel solco della storica vocazione europea all'incivilimento delle nazioni.
Da ciò discende un ampio e incisivo **corpus di norme che stanno modificando la fisionomia politica, sociale ed economica della comunità europea**. Di fronte alla prospettiva di possibili catastrofi climatiche, decarbonizzare il sistema produttivo ed i consumi appare la strada più sensata, per consegnare alle nuove generazioni un futuro lontano dalle distopie descritte dalla fantascienza post moderna. Per la UE si tratta anche di presentarsi nello scenario globale con un modello di sviluppo in grado di incidere sulle filiere internazionali e nei confronti dei paesi terzi, con i quali la cooperazione economica e industriale richiederà alti standard di sostenibilità.
La sostenibilità introduce un fattore competitivo assolutamente innovativo per la produttività interna del mercato europeo, in quanto coinvolge tutti gli stakeholders (azionisti, dipendenti, clienti, fornitori e finanziatori) nella generazione del valore ambientale e sociale della produzione industriale.
Proprio la caratteristica di forte innovatività complessiva del sistema, permette alla Ricerca e Sviluppo (R&S) di assumere la funzione centrale di disegno strategico di prodotti e di processi produttivi sostenibili. Nel primo working paper del 2022[1] abbiamo descritto il contesto multidisciplinare e ibridante generato dalla doppia transizione in cui dovrebbero svilupparsi le competenze nel comparto della R&S. In questo secondo working paper, invece, cerchiamo di delineare più nel concreto i nuovi assetti organizzativi e le nuove figure professionali che stanno cambiando le aziende e come la transizione verso le zero emissioni nette si traduca in nuove competenze professionali della R&S.
Il principio virtuoso di base è quello di far comunicare R&S e Innovazione, studio del prodotto e del processo con i feed-back dal mercato, avviando le necessarie trasformazioni del ciclo di vita del prodotto e delle abitudini di consumo, formulando nuovi modelli di business.
Nel vasto panorama di sviluppo tecnologico orientato alla decarbonizzazione **abbiamo scelto di concentrarci sulle competenze più legate all'economia circolare e rigenerativa dei sistemi di produzione**, accennando soltanto al campo delle energie rinnovabili che, in questa fase storica, scontano ancora una certa immaturità tecnologica.
Questo gruppo di lavoro sull'Education, infatti, si muove parallelamente al Board AIRI di studio delle Innovazioni del prossimo futuro, che sta attivamente elaborando le tecnologie chiave in corso di sviluppo nel medio-breve termine in dieci settori industriali.
In questo working paper **vogliamo presentare alcune esempi di trasformazione organizzativa delle imprese associate**. Il Gruppo di lavoro che cura questo tema, infatti, intende fissare dei principi generali che caratterizzano le competenze dell'economia circolare e rigenerativa.
Già di per sé la circolarità è un campo vastissimo da indagare, perché tocca aspetti legati al management della Ricerca e Innovazione, nonché le relazioni professionali tra Ricerca ed Expertise tecnico nelle diverse aree coinvolte nel quadro della sostenibilità.
Pertanto, a partire dai casi di studio di alcune industrie rappresentative di settori ad alta potenzialità di decar-

1 Nuove competenze Digitali e Green nella Ricerca e Sviluppo Industriale, Working paper AIRI, 2022

bonizzazione (Trasporti, Energia, Costruzioni), abbiamo tentato di modellizzare le competenze trasversali delle figure chiave della Ricerca industriale, nell'ottica di **potenziamento dell'eco-progettazione e dell'industrializzazione circolare**.
Quello che emerge è un quadro sfaccettato di professionalità che le imprese desiderano acquisire, che speriamo sia utile alla Scuola e all'Università per focalizzare percorsi curriculari indirizzati a colmare il gap di competenze che caratterizza l'avvio della doppia transizione, digitale e green.
Tra i casi di studio sono stati identificati alcuni esempi concreti (PIRELLI, ITALCEMENTI – GRUPPO HEIDELBERG MATERIALS, SMIGROUP-SMILAB, LAPETRE) della nuova governance organizzativa che le industrie stanno attuando per avviare processi di riorganizzazione circolare. Vengono infine delineate alcune raccomandazioni per disegnare percorsi di formazione delle competenze del personale della R&S nell'economia circolare tratte da interessanti casi di studio provenienti dal settore pubblico, quali le esperienze dell'ENEA in tema di conferimento di "assegni di ricerca" sui molteplici aspetti dell'economia circolare, e l'inserimento di tematiche specifiche dell'economia circolare nei percorsi curriculari degli studenti e nella formazione aziendale sul territorio dell'UNIVERSITÀ DI PISA per il reskilling del personale.

Scenario

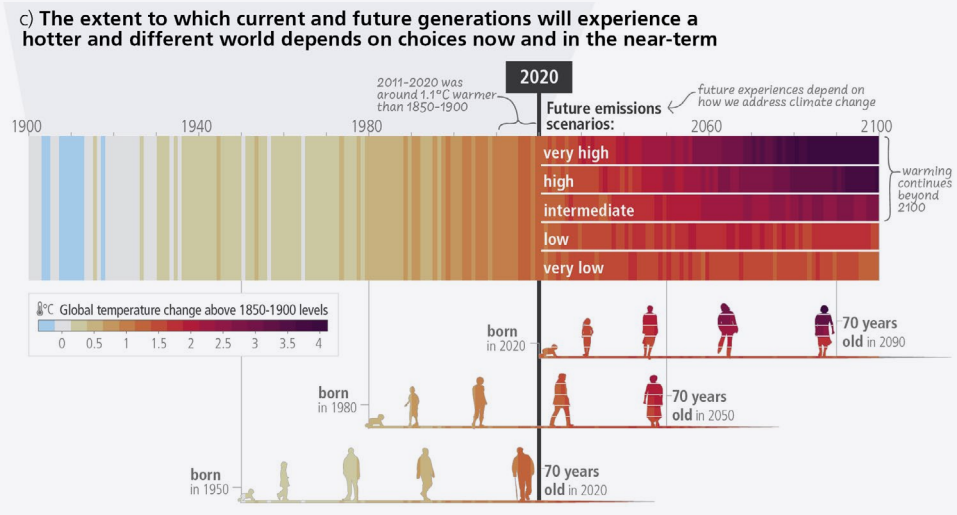
ZERO EMISSIONI NETTE: UN NUOVO PARADIGMA PER LA RICERCA E L'INNOVAZIONE

Il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC), l'unico tavolo mondiale di cooperazione sul tema sotto l'egida delle Nazioni Unite, ha recentemente presentato il 6° Assessment Report, un documento scientifico che è anche un accordo politico sulla situazione attuale e sugli scenari previsti a fronte del crescente riscaldamento globale[2].

Nell'arco di un secolo il pianeta ha subito un aumento della temperatura di 1,1°C rispetto all'epoca preindustriale. Senza un intervento di decarbonizzazione delle attività umane, gli scenari futuri potrebbero essere peggiori del previsto con aumenti della temperatura fino a 4°C.
Gli effetti potenzialmente catastrofici potrebbero essere vissuti già dalla generazione nata a ridosso degli anni '80 del secolo scorso in poi e con più intensità soprattutto dalle generazioni nate a partire dal 2020. Occorre perciò contenere la crescita del riscaldamento globale a +1,5°C. per mitigarne gli effetti, che però sarebbero limitati se solo mantenessimo la temperatura a +2°C.
L'obiettivo principale è raggiungere le **zero emissioni nette di anidride carbonica a metà del secolo XXI** con l'impegno di tutti i Paesi industrializzati, le cui emissioni andrebbero limitate del 43% già entro il 2030.

► Le generazioni nate nel secolo XXI sono le future risorse umane chiamate ad **apprendere nuovi stili di vita e competenze ispirate a un diverso modo di intendere il proprio lavoro nella società**. Il contributo delle persone alla transizione green passa anche per un cambiamento dell'idea di professionalità che unisce vita e lavoro, società e ambiente, ibridazione delle competenze, nell'ottica di una nuova responsabilità d'impresa.
Soprattutto il personale della Ricerca & Sviluppo (R&S), sia in formazione che in attività, può e deve contribuire a trasformare le organizzazioni, ripensando e disegnando nuovi modi di produrre secondo approcci circolari.

2 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth assessment report, marzo 2023



Fonte: IPCC, IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT

Mancano pochi anni alla prima milestone e la transizione green si sta traducendo perciò in drastiche misure normative di mitigazione che intervengono in ogni settore industriale, in particolare nei **settori dell'Energia, Costruzioni, Trasporti**.

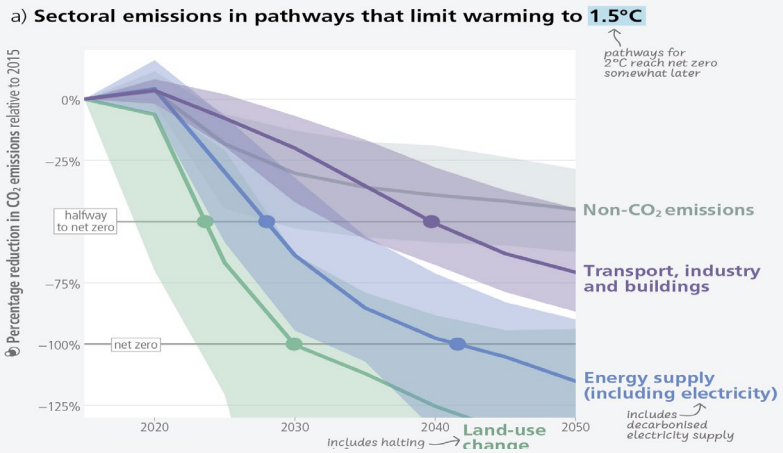
Decarbonizzare significa infatti orientare la transizione energetica ed i processi produttivi in particolare di questi settori industriali, verso una produzione con processi più sostenibili.

Secondo l'IPCC occorre **ridurre l'utilizzo dei combustibili fossili**, sostenendo l'introduzione di fonti rinnovabili, facendo ampio ricorso all'elettrificazione e promuovendo un cambiamento di abitudini della popolazione, che riguardano da un lato le modalità di trasporto, soprattutto su gomma, mare e cielo, dall'altro l'efficienza energetica degli edifici di nuova costruzione.

Accanto al cambiamento delle fonti di approvvigionamento, alla riduzione dello sfruttamento del suolo e all'introduzione di nuovi stili di vita, è essenziale ripensare l'uso dei materiali, degli scarti e dell'energia e **introdurre sistemi industriali circolari**.

THE TRANSITION TOWARDS NET ZERO CO_2 WILL HAVE DIFFERENT PACE ACROSS DIFFERENT SECTOR

CO_2 EMISSION FORM THE ELECTRICITY/FOSSIL FUEL INDUSTRIES SECTOR AND LAND-USE CHANGE GENERALLY REACH NET ZERO EARLIER THAN OTHER SECTORS



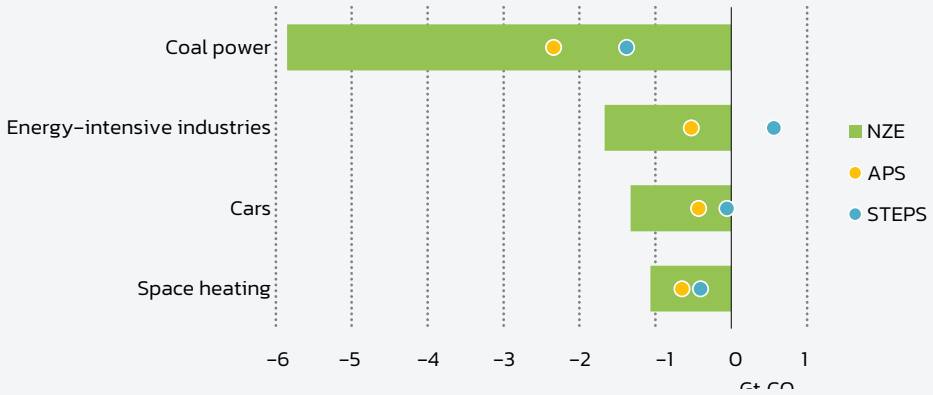
Fonte: IPCC, IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT

Occorre iniziare una graduale eliminazione delle fonti fossili, garantendo al contempo la stabilità, la resilienza e l'efficienza delle reti, la diminuzione dell'impronta di carbonio di processi e prodotti industriali.
Secondo la IEA lo strumento principale del cambiamento è l'**elettrificazione**[3], cioè la sostituzione progressiva delle tecnologie che utilizzano combustibili fossili con tecnologie che utilizzano l'elettricità prodotta da fonti rinnovabili, che potrebbe diventare pervasiva in tutti i settori, dalla cucina di casa, al riscaldamento, ai trasporti, alle costruzioni, alla produzione industriale. In questo modo si andrà ad abbattere anche l'inquinamento atmosferico nelle città. E grazie all'aiuto della digitalizzazione delle reti, migliorerà nettamente l'efficienza energetica.

3 International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2022. Le analisi della International Energy Agency delineano tre scenari possibili: uno è frutto delle attuali politiche (STEPS), un altro scenario prospetta gli impegni annunciati (APS), infine uno scenario contiene le emissioni zero nette entro il 2050 (NZE). Per la IEA "l'elettricità diventa il nuovo petrolio per il suo ruolo dominante nel consumo finale di energia".

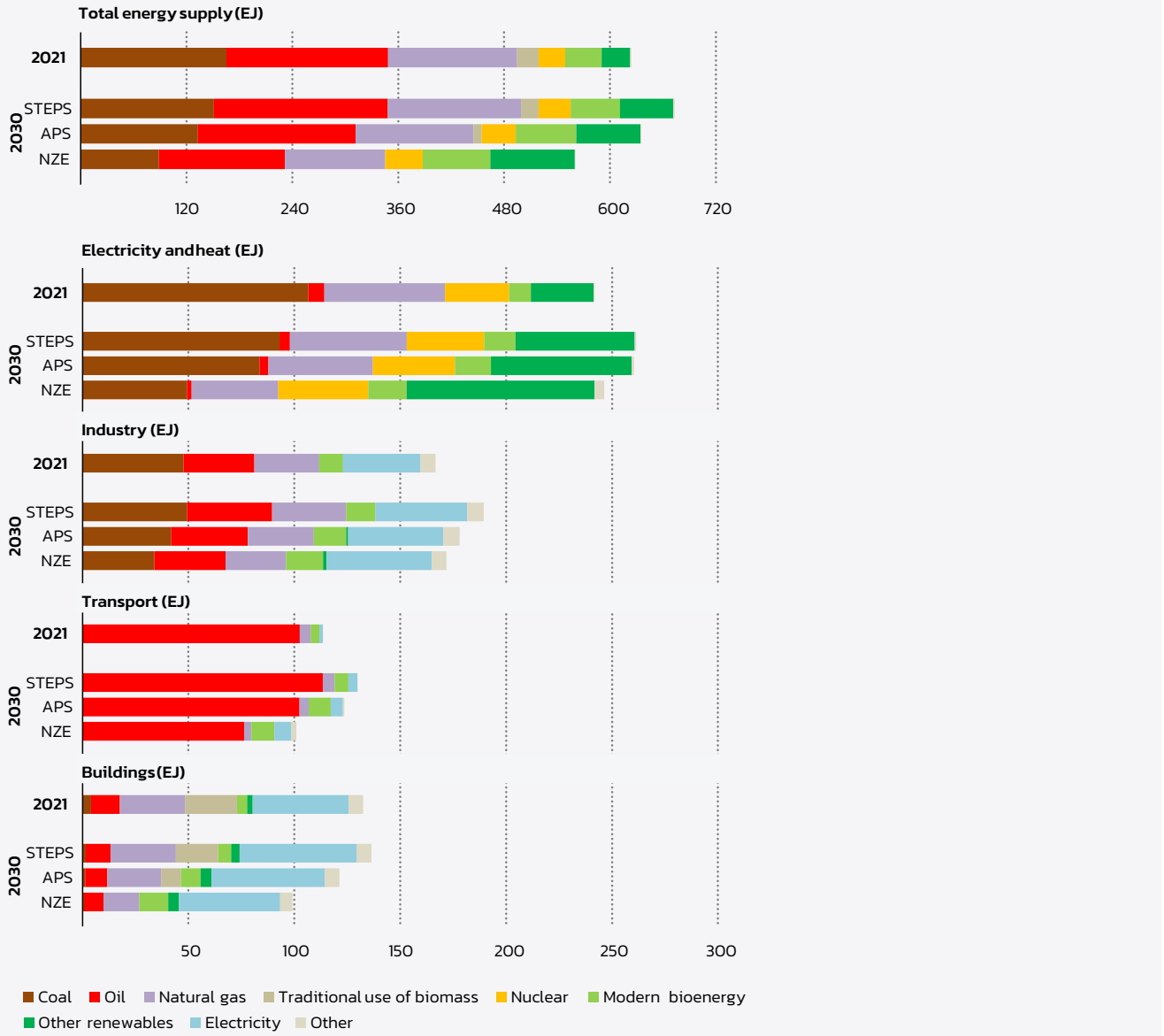
CO_2 EMISSIONS REDUCTIONS IN SELECTED SECTORS, 2021-2030

REDUCING EMISSIONS FROM COAL-FIRED POWER, ENERGY INTENSIVE INDUSTRIES, CARS AND SPACE HEATING ACCOUNTS FOR THREE-QUARTERS OF TOTAL EMISSIONS REDUCTIONS TO 2030 IN THE NZE SCENARIO



Fonte: World Energy Outlook 2022, IEA

GLOBAL ENERGY SUPPLY AND DEMAND BY SECTOR, SCENARIO AND FUEL



Energy efficiency, electrification and expansion of low-emissions supply are the hallmarks of rapid transitions to 2030
Fonte: World Energy Outlook 2022, IEA

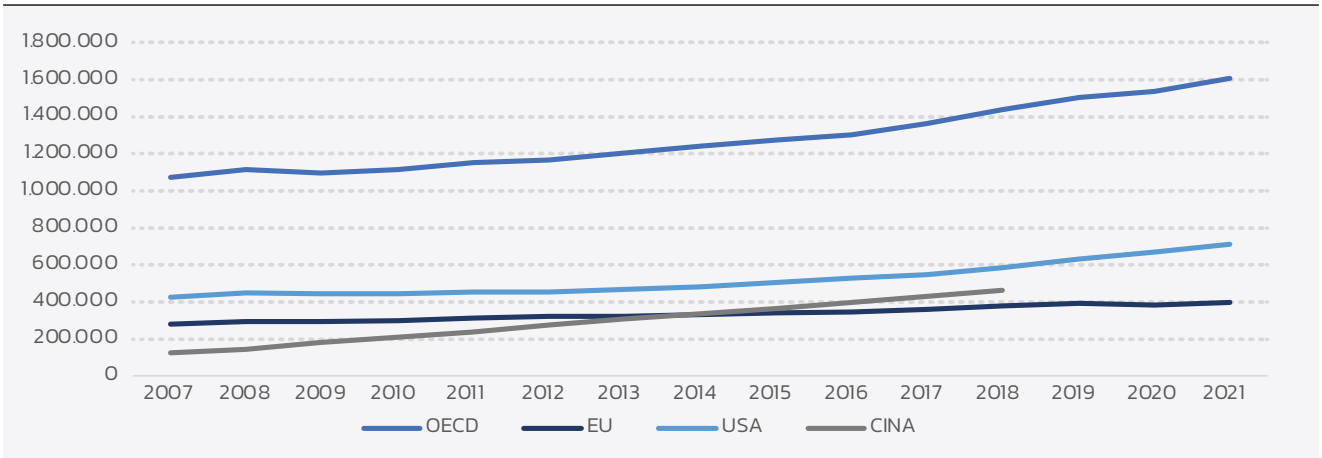
TRANSIZIONE GREEN TRA COOPERAZIONE INTERNAZIONALE E REGIONALIZZAZIONE

Nel processo verso la transizione green, affermata nelle conferenze delle Nazioni Unite sul Clima, si è innestato tra il 2020 e il 2023 il fenomeno di **regionalizzazione** iniziato con il C19 e quello di **indipendenza energetica** europea, innescata con il conflitto russo-ucraino.

- Da un punto di vista geo-politico assistiamo all'inizio di una fase di **destabilizzazione di quell'ordine mondiale**, che si era progressivamente stabilito grossomodo tra il 1989 fino al 2019 e che ha visto l'avanzata della Cina accanto agli Stati Uniti nella co-competizione internazionale, anche in riferimento alla Ricerca e Sviluppo.
  Da un punto di vista socio-economico il **re-shoring delle filiere produttive** è ancora un fenomeno in divenire perché è legato agli effetti della regionalizzazione degli scambi di tecnologia e prodotti tra Paesi. Questo fenomeno implicherà il comporsi di nuove alleanze e strategie cooperative tra i grandi sistemi economici in corso di ridefinizione.

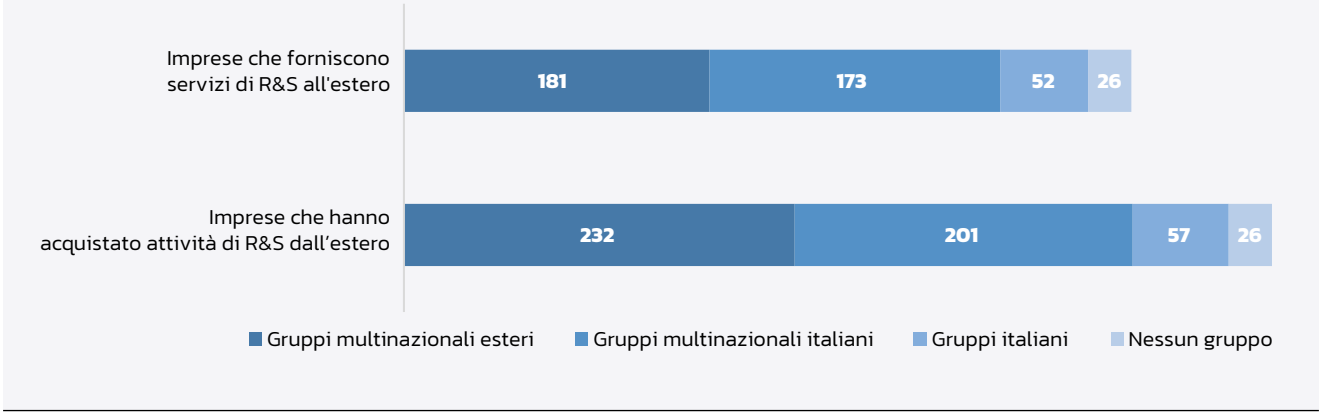
L'incognita dello scenario internazionale (regionalizzazione e indipendenza energetica) condiziona un'equazione complessa che deve risolversi con gli obiettivi *net-zero*, ovvero limitare entro il 2030 il riscaldamento globale a +1,7°C, triplicare la produzione di gigawatt da rinnovabili (in particolare solare ed eolico), diminuire le emissioni di carbonio per oltre il 50% e ridurre drasticamente la dipendenza dai combustibili fossili entro il 2050 per mantenere il riscaldamento a +1,5°C.
La neutralità climatica ha infatti una forte valenza geopolitica e socio-economica essendo legata alla **leadership industriale sulle tecnologie green**. Nello scenario competitivo internazionale così mutato, fattori dirimenti diventano l'ampiezza di risorse destinate alla Ricerca e Sviluppo (R&S) e la capacità di Innovazione generata da brevetti e tecnologie ambientali.

SPESA IN RICERCA E SVILUPPO
(PREZZI COSTANTI, MILIONI DI DOLLARI)



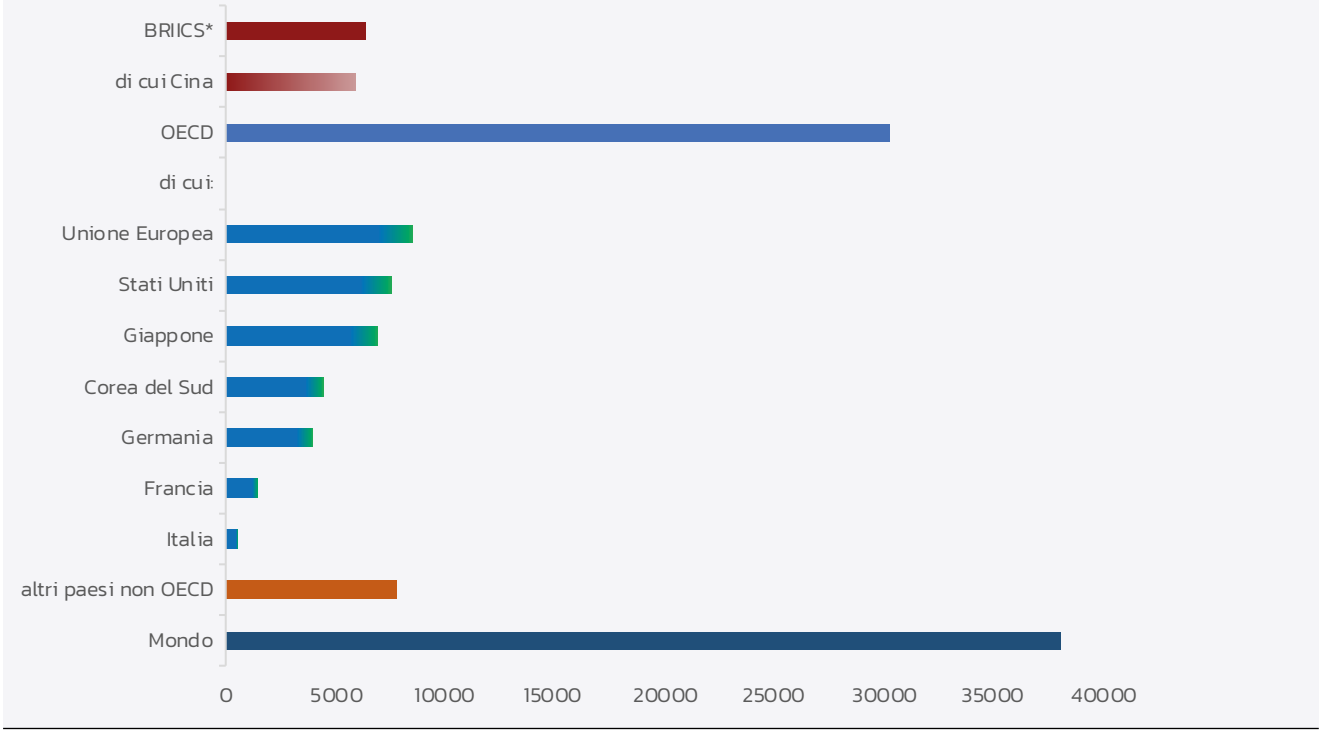
Fonte: OECD

TIPOLOGIA DI IMPRESE CHE SVOLGONO RICERCA E SVILUPPO NELLE CATENE INTERNAZIONALI DEL VALORE
(2020, NUMERO DI IMPRESE CON PIÙ DI 50 ADDETTI)



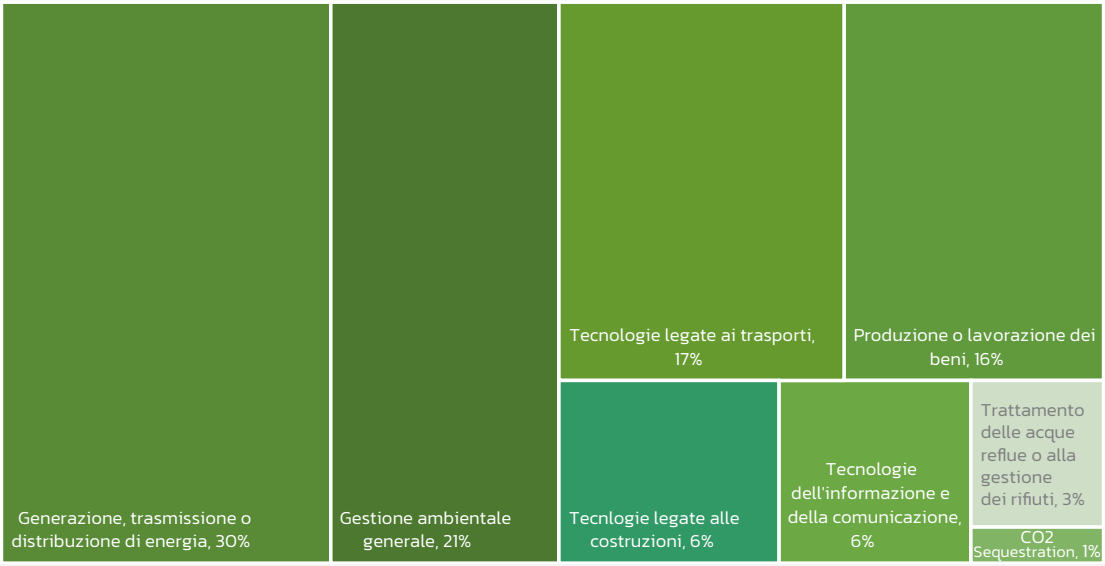
Fonte: OECD

TECNOLOGIE LEGATE ALL'AMBIENTE. NUMERO DI BREVETTI



*Brasile, Russia, India, Indonesia, Cina, Sudafrica
Fonte: OECD, dati 2019

INVENZIONI DI TECNOLOGIE LEGATE ALL'AMBIENTE
(PERCENTUALE PER DOMINIO SUL TOTALE MONDIALE)



Fonte: OECD, dati 2019

A livello mondiale la maggior parte delle invenzioni green riguardano l'energia, i trasporti, la produzione industriale, in minore quantità le costruzioni, le tecnologie digitali, la gestione dei rifiuti e la cattura della CO2.
Ancora nel 2019 la UE è leader dei brevetti di tecnologie legate all'ambiente. Dal 2016 al 2021, l'Europa ha prodotto il 30% di tutte le invenzioni verdi nel mondo, prima di Giappone (21%), Stati Uniti (19%) e Cina (13%)[4].
Il vantaggio europeo è particolarmente forte per i trasporti verdi (41%), biocarburanti (37%) ed energia eolica (58 %). La produzione di tecnologia relativa all'energia solare e quella legata alle batterie è uniformemente distribuita tra i paesi più grandi e innovativi.
In meno di 20 anni la Cina ha aumentato la produzione di brevetti verdi di quasi 20 volte mentre una significativa diminuzione si osserva per gli Stati Uniti, da quasi il 30% a circa il 20%. Anche il Giappone ha registrato una tendenza al ribasso dopo la crisi finanziaria del 2008.

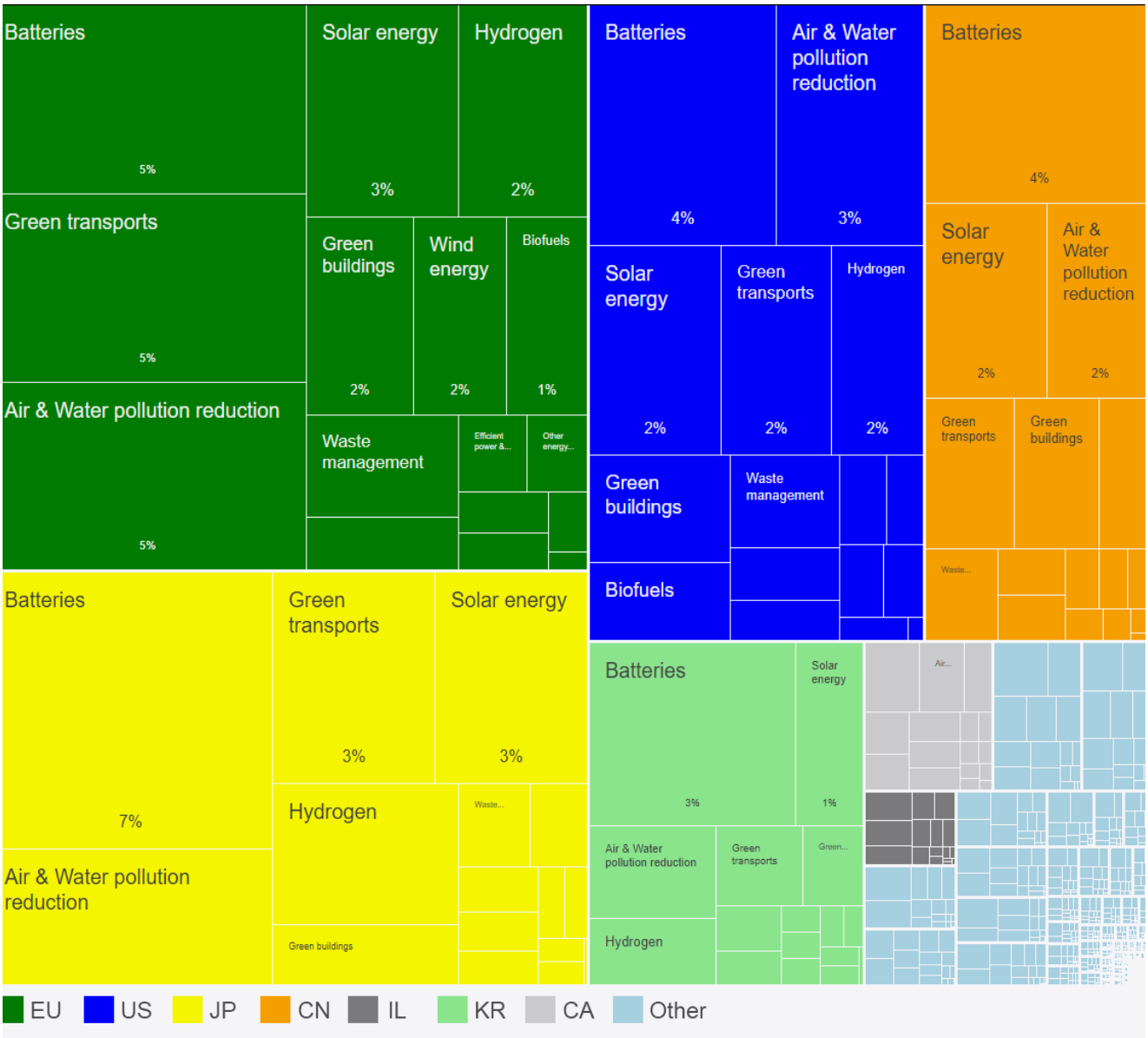
La posizione che i principali Paesi stanno assumendo rispetto all'urgente azione mondiale di contenimento del rischio climatico rispecchia una sorta di polarizzazione internazionale nel governo di questi fenomeni complessi[5].

- Un gruppo di Paesi accomunati per **alte emissioni di gas serra e per la ricchezza di risorse naturali** (Brasile, Russia, India, Indonesia, Cina, Sud Africa) va caratterizzando l'area BRIICS, che potrebbe allargarsi ad altre economie ad alta emissione come ad esempio Arabia Saudita, assieme con Argentina, Egitto, Etiopia, Iran e Emirati Arabi Uniti.
- Un altro gruppo di Paesi, sostanzialmente di area OECD, risente di una composizione più eterogenea, **un mix di economie a medie emissioni** (Stati Uniti e Unione Europea) **ma con differenti disponibilità energetiche e di risorse naturali**: alte in alcuni casi (es. Stati Uniti, Francia, Australia), limitate in altri (es. Italia, Germania, Giappone).

4 Horizon Europe, Strategic Plan 2025-2027 Analysis, European Commission, maggio 2023

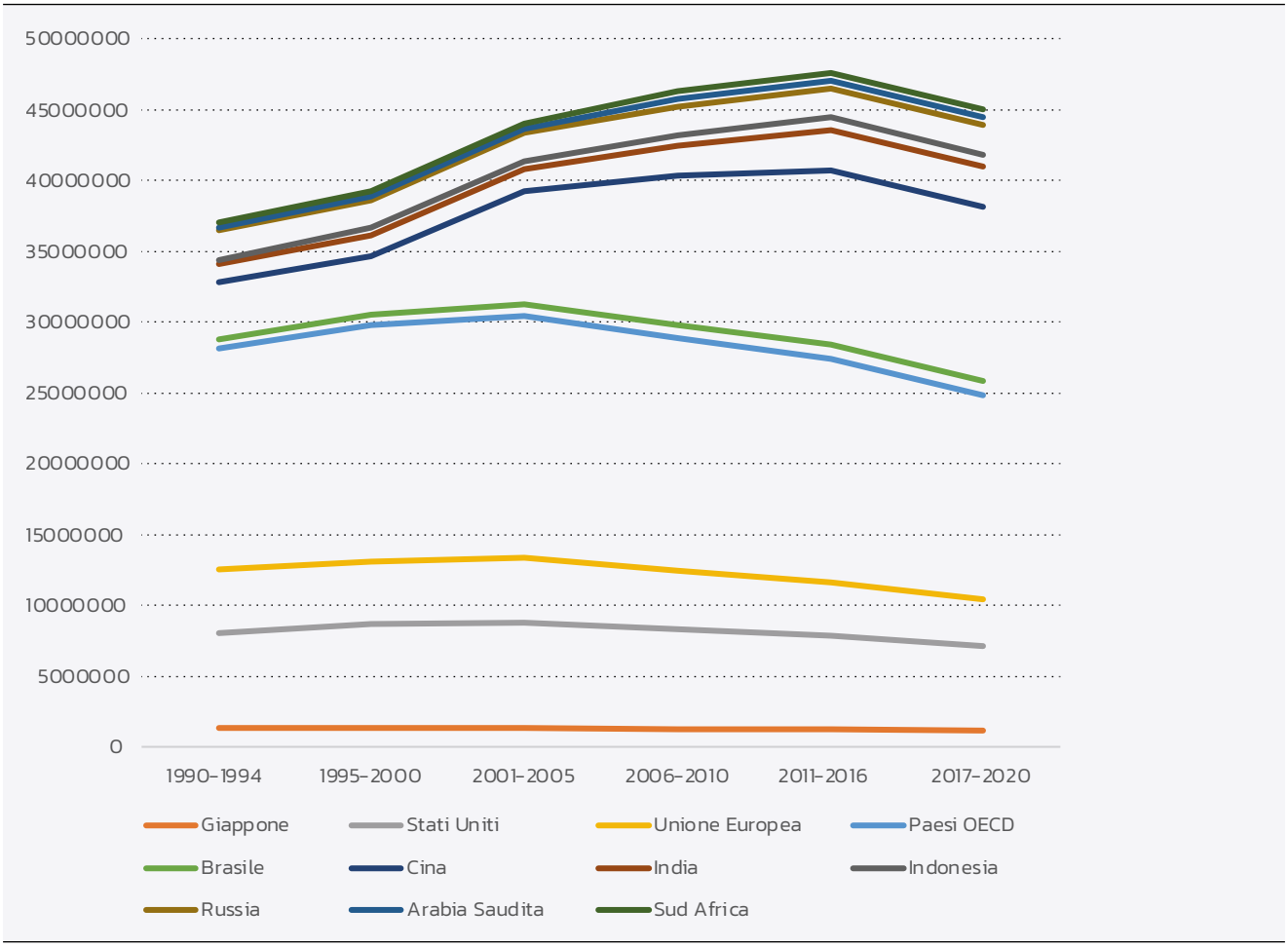
5 La recente dottrina Campbell ritiene imprescindibile la cooperazione climatica tra USA e Cina e la decarbonizzazione deve essere considerata un fattore prioritario di diplomazia.

PERCENTAGE OF GREEN PATENTS ACROSS WORLD REGIONS, 2016-2021
(PERCENTUALE PER DOMINIO SUL TOTALE MONDIALE)



Fonte: European Commission, ESIR (forthcoming), Industry 5.0 and the Future of Work – Making Europe the centre of gravity for future good-quality jobs, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

ANDAMENTO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA
(TONNELLATE DI CO2 EQUIVALENTI, MIGLIAIA)



Fonte: OECD

▶ La capacità di **analisi dello scenario internazionale** diventa così uno strumento centrale nella cassetta degli attrezzi di ogni management che intenda supportare lo sviluppo tecnologico della propria organizzazione nel quadro dello scenario net-zero. La scelta dei fornitori, dei materiali e dei mercati potenziali dipenderà anche da considerazioni di ordine strategico e geopolitico assieme alla conoscenza normativa e ai requisiti di compliance tecnica.

La costruzione di un nuovo ordine mondiale e il conseguente stabilizzarsi dei traffici commerciali si baserà anche sulle alleanze e dipendenze internazionali tra Paesi caratterizzati dalla presenza o penuria di risorse naturali, che includono le **fonti per la generazione di rinnovabili**, in primis eolico e solare, la disponibilità di **materiali e materie prime critiche**, accanto all'intensità di capitale finanziario, tecnologico e umano[6].

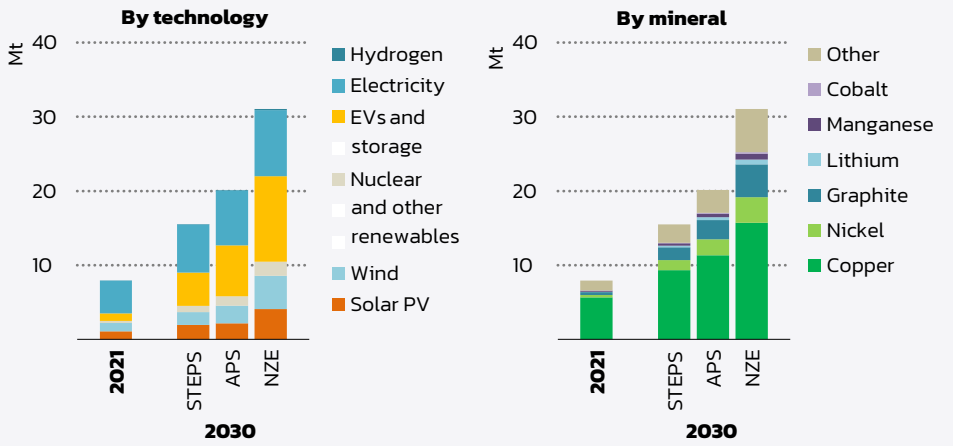
Dopo il dominio del carbone che a cavallo tra fine '800 e metà '900 vedeva protagoniste Regno Unito, Stati Uniti e Germania, quello del petrolio ha visto l'indiscusso ruolo degli Stati Uniti e del Medio Oriente per oltre 70 anni fino ad oggi.

È centrale adesso il dominio delle energie rinnovabili ma, mentre il petrolio resterà una fonte importante almeno fino al 2050, occorre ancora capire quali energie rinnovabili – e di conseguenza quali tecnologie e materie prime – caratterizzeranno il nuovo ordine mondiale orientato verso l'elettrificazione.

6 McKinsey & Company, The energy transition: A region-by-region agenda for near-term action, 2022

MINERAL REQUIREMENTS FOR CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES BY SCENARIO, 2021 AND 2030

Mineral requirements for clean energy technologies quadruple to 2030 in the NZE Scenario, with particularly high growth for materials for electric vehicles



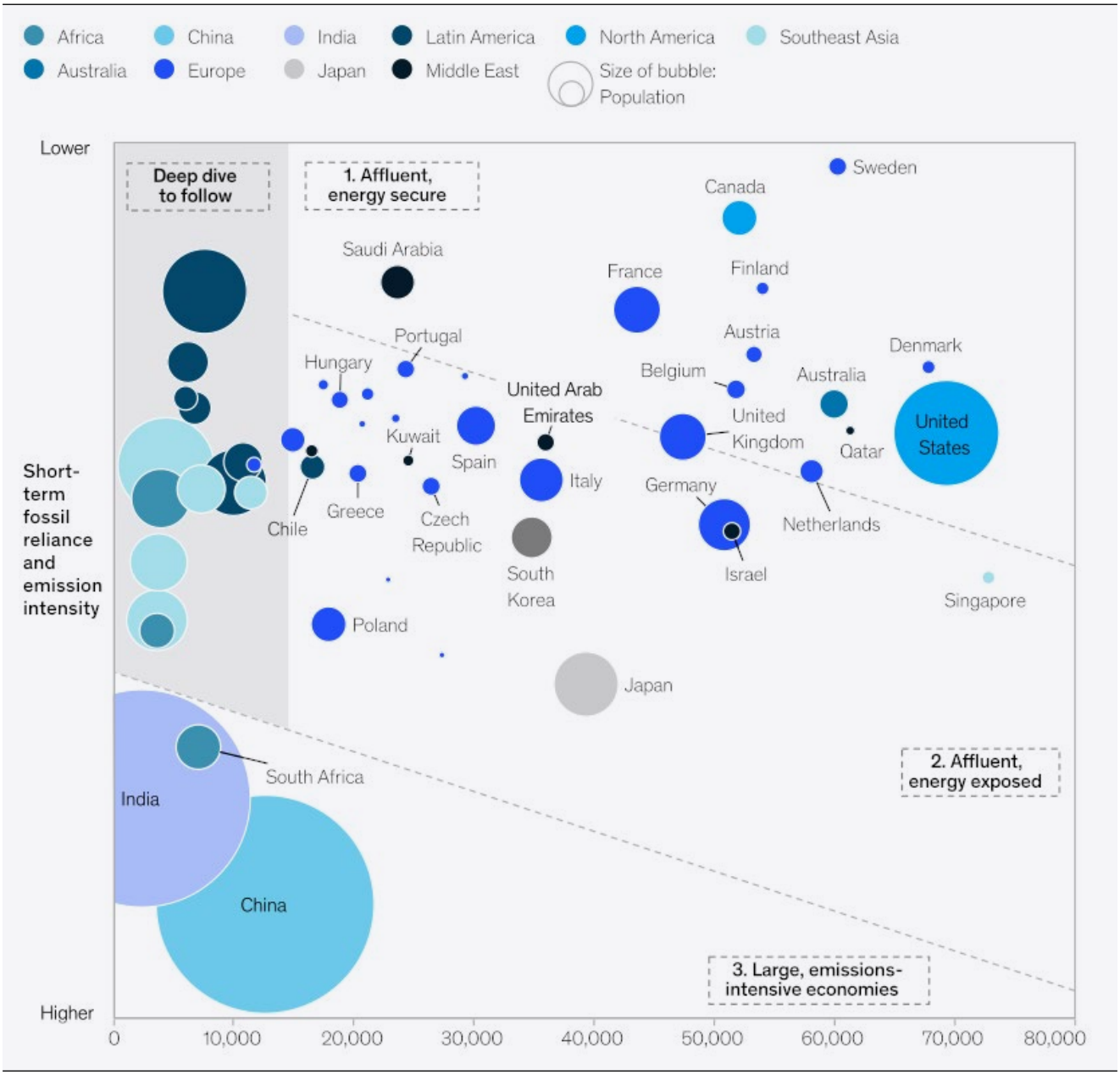
Notes: Mt = million tonnes; EVs = electric vehicles. Includes most of the minerals used in various clean energy technologies, but does not include st eel and aluminium. See IEA (2021b) for a full list of minerals assessed.
Fonte: World Energy Outlook 2022, IEA

La nuova configurazione di governo mondiale potrebbe polarizzare:

1. Paesi con PIL elevato, grandi disponibilità di risorse naturali ed energetiche ma medie emissioni globali di gas serra, come **Australia, Stati Uniti, Arabia Saudita**. Manterranno nel breve periodo una vocazione all'esportazione di energia da combustibili fossili pur implementando nel medio-lungo una diversificazione delle fonti energetiche.
2. Paesi con PIL elevato, particolarmente dipendenti dall'estero per via della scarsità di risorse energetiche, ma con emissioni medio-basse, come **Germania, Italia e Giappone**. La transizione potrebbe essere un'occasione nel breve-medio periodo per produrre in proprio energia da fonti rinnovabili e sviluppare tecnologie e pratiche net-zero.
3. Paesi con PIL medio-alto, ottima disponibilità di risorse ma alte emissioni di gas serra, come **Cina, India e Sudafrica,** tenteranno probabilmente di raggiungere un equilibrio tra utilizzo di fonti green e fonti fossili per soddisfare la crescente domanda di energia.
4. Paesi con grandi disponibilità di risorse naturali, **Brasile, Indonesia e Messico**, hanno un alto potenziale di energia da fonti rinnovabili e disponibilità di materie prime critiche, e potrebbero attrarre capitali nazionali e internazionali indirizzati allo sviluppo green.
5. **Paesi africani, del sud-est asiatico e dell'America Latina**, con povertà di risorse ed economie tali da rendere difficili investimenti per la transizione green, saranno soggetti deboli, da sostenere con opportune politiche a livello internazionale.

COUNTRIES CAN BE DIVIDED INTO FIVE MAIN ARCHETYPES BASED ON EY ENERGY TRANSITION CHARACTERISTICS

SHORT-TERM RISK: RELATIVE ENERGY SECURITY; CO2 INTENSITY



Fonte: McKinsey analysis, 2022

L'AUDACE PROGRAMMA DI DECARBONIZZAZIONE DELL'UNIONE EUROPEA

Di fronte a questo scenario complesso, gli ostacoli più critici per l'Unione Europea riguardano la dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento delle materie prime, il lento sviluppo di tecnologie e la necessità di ammodernamento delle infrastrutture di rete per la distribuzione di nuove energie rinnovabili, nonché l'inflazione che incide sui prezzi dell'energia.

Tra le difficoltà si riscontra anche la mancanza di personale con competenze qualificate sulla transizione energetica, un gap quantificabile in 1 milione di risorse entro il 2030.
Per affrontare questi ostacoli, la UE ha attivato un insieme di iniziative politiche comuni che andranno a incidere profondamente sulla conformazione del mercato interno.

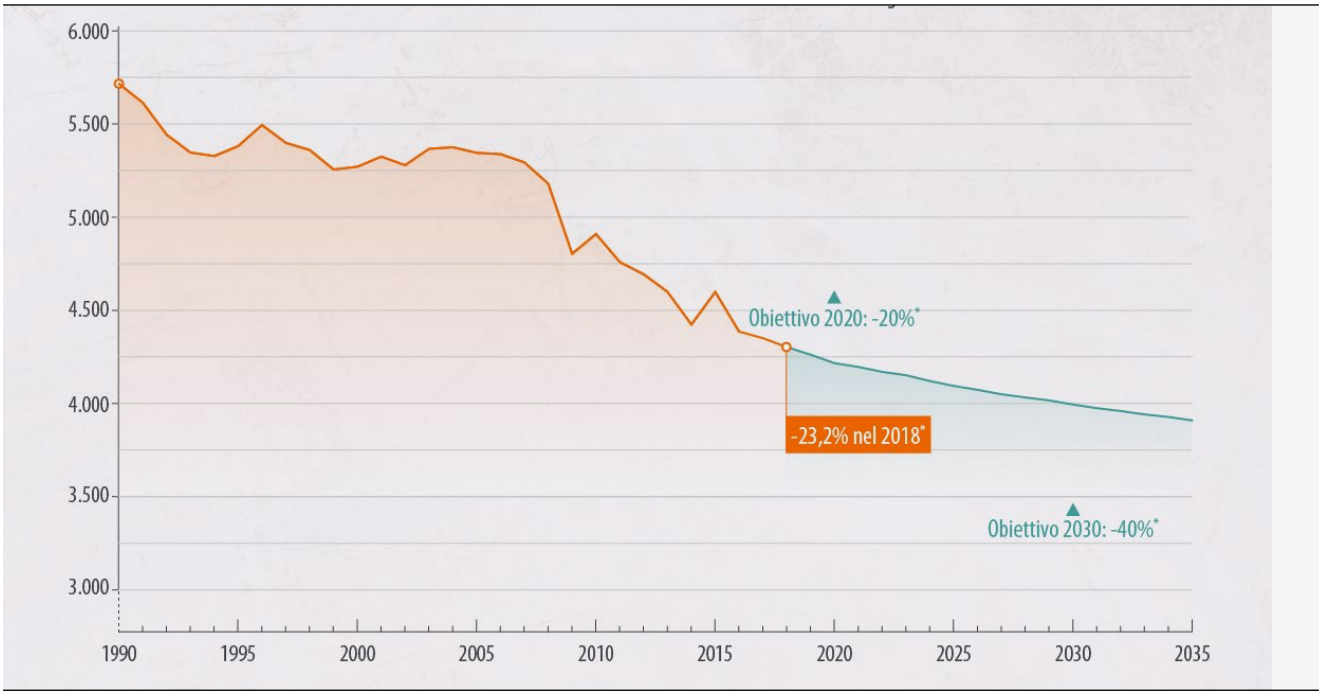
► La capacità di monitorare la normazione politica e tecnica della net zero comporta un'**analisi normativa multilivello** ovvero centrata sulla legislazione generale e una focalizzazione più puntuale sulla normativa di settore.

Facendosi promotrice in prima linea degli obiettivi delle conferenze sul clima, con il programma **European Green Deal**, l'Unione Europea vuole centrare l'obiettivo di zero emissioni nette entro il 2050, ma già nel 2030 si impegna a ridurre le emissioni del 55% e ad alzare le rinnovabili al 45% del mix energetico rispetto al 1990, nonostante le proiezioni meno brillanti degli Stati membri.
Nel 2022 il piano **REPowerEU** ha inoltre focalizzato il problema della dipendenza energetica dai combustibili fossili russi, soprattutto carbone, petrolio e gas naturale, avviando un serio programma di elettrificazione, con l'utilizzo di idrogeno verde, biogas e biometano.
La sostituzione dei fossili con rinnovabili al 45% entro il 2030 è una scelta radicale che passo dopo passo sta inasprendo la legislazione comunitaria e dei Paesi membri.

Considerando questi obiettivi ambiziosi, le riforme del **Fit For 55** contengono le premesse per una profonda revisione della legislazione comunitaria che incide sui settori industriali a più alte emissioni; di seguito alcuni esempi:

- la revisione dei livelli emissivi di CO2 delle autovetture e dei veicoli commerciali nuovi; nonché dei veicoli pesanti (Proposta di Regolamento Euro 7 v. avanti);
- la revisione della direttiva sulla disciplina del sistema di quote di emissione (cd. sistema ETS), con la creazione, a partire dal 2027, di un sistema parallelo (cd. ETS 2) applicato ai combustibili fossili utilizzati nel trasporto su strada e per gli edifici commerciali. Il trasporto privato e gli edifici residenziali verrebbero aggiunti solo a partire dal 2029 e richiederebbero una nuova proposta della Commissione;
- L' attuazione di un regime globale di compensazione e riduzione delle emissioni di carbonio del trasporto aereo internazionale e del trasporto marittimo attraverso l'estensione del sistema di scambio di quote di emissioni (Emissions Trading System, o sistema ETS) al settore marittimo e la riduzione delle quote gratuite per le compagnie aeree (v. Direttiva (UE) 2023/959);
- L' aumento dei finanziamenti a favore del Fondo per la modernizzazione e del Fondo per l'innovazione;
- La revisione dei meccanismi di stabilizzazione del mercato (meccanismo di riserva).

ANDAMENTO DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA: EMISSIONI, PROIEZIONI E OBIETTIVI PER L'UE
(EQUIVALENZA IN MILIONI DI TONNELLATE DI CO_2)



Fonte: Agenzie europea dell'Ambiente

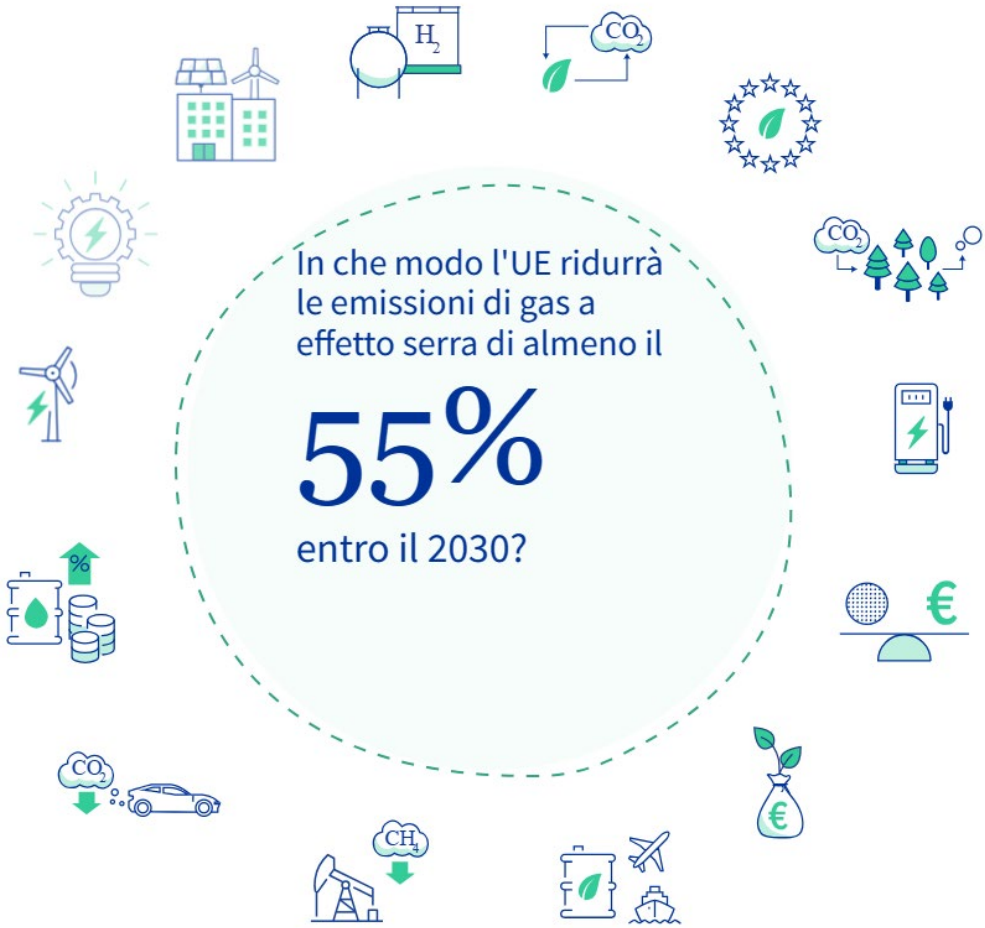
Circa il 60% delle emissioni totali dell'UE proviene da trasporti, agricoltura, edilizia e gestione dei rifiuti. L'uso di energia è responsabile del 77,1% delle emissioni di gas effetto serra dell'UE, di cui il 30% circa proviene dal settore dei trasporti. La quota rimanente di emissioni proviene per il 10,55% dall'agricoltura, per il 9,10% dai processi industriali e di utilizzo del prodotto e per il 3,32% dalla gestione dei rifiuti. Il sistema di riscaldamento e raffreddamento degli edifici oggi incide per ben il 40% di tutta l'energia consumata nell'UE.

In merito alle emissioni di carbonio di origine industriale la UE ha introdotto un **sistema di scambio di quote di emissione dell'UE (ETS)** che obbliga 11.000 centrali energetiche e impianti industriali ad acquistare permessi per ogni tonnellata di CO2 emessa.

Come detto sopra il sistema è stato di recente rivisto per estenderlo ai trasporti navali e renderlo più stringente per il trasporto aereo, riducendo sensibilmente le emissioni dell'aviazione civile (che oggi rappresentano il 13% delle emissioni totali nei trasporti dell'UE) e del trasporto marittimo che deve essere decarbonizzato di almeno il 40% entro il 2030 e del 70% nel 2050 e raggiungere una riduzione delle emissioni totali di almeno il 50% entro il 2050 (rispetto al 2008).

Sulla Proposta di Regolamento Euro 7 di cui sopra il 25 settembre 2023, il Consiglio Ue ha adottato un 'orientamento generale di compromesso tra obiettivi e costi che mantiene i limiti di emissione e le condizioni di prova per i veicoli leggeri attualmente applicabili in base ad Euro 6 mentre abbassa i limiti di emissione rispetto alle norme Euro 6/VI nel caso dei veicoli pesanti e adegua le condizioni di prova. Il regolamento Euro 7 contiene inoltre una disposizione speciale sugli autobus urbani in modo da garantire la coerenza con il nuovo obiettivo di azzera-

mento delle emissioni entro il 2030 proposto per questi veicoli. Con la posizione del Consiglio sono fissate scadenze chiare per l'adozione di atti di esecuzione (da parte della Commissione) al fine di garantire agli operatori economici chiarezza e certezza del diritto.
Per raggiungere tali obiettivi l''elettrificazione sarà così il sistema di propulsione dei nuovi veicoli net zero che avranno a disposizione infrastrutture di rifornimento a idrogeno e di ricarica elettrica.
Infine il meccanismo di **aggiustamento del carbonio alla frontiera (CBAM)** è teso a proteggere le industrie dell'UE con una tassa sul carbonio alle importazioni di prodotti provenienti da paesi con normative meno restrittive.
Presentata il 14 luglio 2021, la proposta di regolamento (CBAM) della Commissione europea, istituisce perciò un meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere.
Il regolamento affronta il problema delle emissioni di gas a effetto serra incorporate in determinate merci (elencate nell'Allegato I al regolamento), al momento della loro importazione nel territorio doganale dell'Unione, al fine di prevenire il rischio di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio.



Il CBAM riguarda le importazioni di prodotti ad alta intensità di carbonio. L'obiettivo è evitare, nel rispetto delle norme commerciali internazionali, che gli sforzi di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE siano compensati da un aumento delle emissioni al di fuori dei suoi confini, attraverso la delocalizzazione delle produzioni in Paesi terzi (in cui le politiche per combattere i cambiamenti climatici sono meno ambiziose di quelle dell'UE) o da un aumento delle importazioni di prodotti ad alta intensità di carbonio.
Il CBAM intende operare in parallelo con il sistema di scambio di quote di emissioni dell'UE (sistema ETS), per integrare il suo funzionamento sulle merci importate. Sostituirà gradualmente i meccanismi dell'UE esistenti per far fronte al rischio di rilocalizzazione delle emissioni di CO_2, in particolare l'assegnazione gratuita di quote ETS dell'UE.
Il 15 marzo 2022 il Consiglio ha definito la sua posizione sul regolamento proposto. Il Parlamento europeo ha votato la sua posizione il 22 giugno 2022. I triloghi tra i colegislatori sono iniziati l'11 luglio e il 13 dicembre 2022 è stato raggiunto un accordo provvisorio. Il CBAM diventerà operativo a partire da ottobre 2023 con una lunga fase di transizione fino al 2025. Per i prodotti e i settori che rientrano nell'ambito di applicazione delle nuove norme, il CBAM riguarderà inizialmente una serie a più alta intensità di carbonio: ferro e acciaio, cemento, fertilizzanti, alluminio, energia elettrica e idrogeno. Tutte le aziende che li importano dovranno acquistare certificati per coprire le emissioni di CO2 in essi incorporate, a meno che non si dimostri che sono già state contabilizzate dalla legislazione sul clima del Paese di provenienza del prodotto (per la fase di transizione non sono previsti pagamenti ma l'obiettivo è attivare i processi di conferimento e analisi dei dati, definire la metodologia e creare gli strumenti di supporto).
L'insieme delle azioni net zero messe in campo dalla Unione Europea sul piano della politica tecnologica e commerciale, pone le basi per fare della UE un modello di ispirazione per altre aree[7]. Forte del suo ampio mercato unico, la UE può influenzare i produttori e i decisori esteri ad adeguare prodotti e processi ai propri standard per poter accedere al mercato senza aggravi fiscali.

► La capacità di mappare l'origine degli approvvigionamenti di materie prime, nonché tracciare il ciclo di vita degli stessi all'interno della UE, presuppone un insieme di competenze (digitali e green) orientate al **resource management** ovvero la diagnosi delle risorse in entrata e uscita, la gestione e certificazione net zero delle materie prime attraverso, ad esempio, la lettura di dati energetici e l'uso di tecnologie blockchain, A.I. e IoT

A marzo 2023 la Commissione Europea ha presentato al Parlamento e al Consiglio il **Net Zero Industry Act**, una proposta di regolamento per rafforzare l'ecosistema europeo di produzione di prodotti tecnologici a zero emissioni. Indirizzato soprattutto a industrie ad alta intensità energetica (es. fertilizzanti, acciaio e cemento), intende sostenere il fabbisogno di tecnologie net-zero (batterie, pompe di calore, pannelli solari, elettrolizzatori, celle a combustibile, turbine eoliche e cattura e stoccaggio del carbonio).
Ispirato alla strategia complessiva di messa in opera di sistemi circolari, efficienti ed elettrificati da combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio, fissa obiettivi di filiera (con la piattaforma Net-Zero Europe), introduce anche alcune misure per migliorare e qualificare la forza lavoro (es. Accademie industriali europee Net-Zero) e propone una massa critica di risorse finanziarie europee da attivare con strumenti esistenti e non (es. InvestEU, Fondo per l'Innovazione, IPCEI, Fondo sovrano europeo).
Secondo la proposta di regolamento, la creazione di una filiera dell'industria a zero emissioni dell'Unione Europea, passa anche per lo sviluppo delle competenze che vedono nelle **Accademie industriali europee Net-Zero** il centro propulsivo di potenziamento della formazione e qualificazione dei lavoratori lungo le catene del valore

7 La sfida geopolitica per la leadership della transizione verde, a cura dell'Istituto per gli Studi di Politica Internazionale per il Senato della Repubblica, Camera dei Deputati, Ministero degli Affari esteri e cooperazione internazionale, 2021

tecnologiche (es. nel solare fotovoltaico e solare termico, idrogeno rinnovabile e materie prime).
La UE, inoltre, ha adottato nel 2021 un **New Circular Economy Action Plan**, con l'obiettivo di ottenere prodotti sostenibili – progettati per durare più a lungo e predisposti per entrare nella catena del riuso e riciclo – e di limitare quelli monouso. Quello di circolarità è un concetto chiave nell'Unione Europea che, con un tasso di utilizzo circolare dei materiali dell'11,7% dal 2018 al 2021, si attesta e conferma in una pozione superiore alla media mondiale.
La **proposta della Commissione europea di regolamento del 2022 sull'ecodesign**, seguita da una risoluzione legislativa del Parlamento UE nel luglio 2023, introduce la progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e prevede requisiti più stringenti sotto il profilo energetico e dei materiali utilizzati[8]. I prodotti cui si applica l'ecodesign saranno corredati da veri e propri certificati digitali, tracciabili lungo la catena di approvvigionamento. La proposta di regolamento punta a rendere i prodotti più circolari ed efficienti fin dalla fase di progettazione e per l'intero ciclo di vita, andando così ad aumentare la circolarità dei processi produttivi e la simbiosi industriale.

► La progettazione circolare di prodotti e processi richiede figure altamente specializzate nel disegno di prodotti sostenibili nel quadro di processi circolari di produzione, abilitati da macchine e sistemi a basso consumo energetico. L'**ecodesign** migliora le performance di sostenibilità del prodotto e diventa un fattore competitivo che permette di distinguerlo da altri, perché i consumatori sono sempre più esigenti e richiedono standard elevati di qualità ambientale. L'ecodesign comprende la conoscenza delle materie prime e dei materiali, principi di life cycle project and assessment, orientati alla riparazione e al riciclo delle componenti, l'energy saving, il monitoraggio delle forniture, la conoscenza dei dati e dei software avanzati di disegno.

8 L'intervento riguarda: ferro, acciaio, alluminio, tessili, mobili, pneumatici, detergenti, vernici, lubrificanti e prodotti chimici.

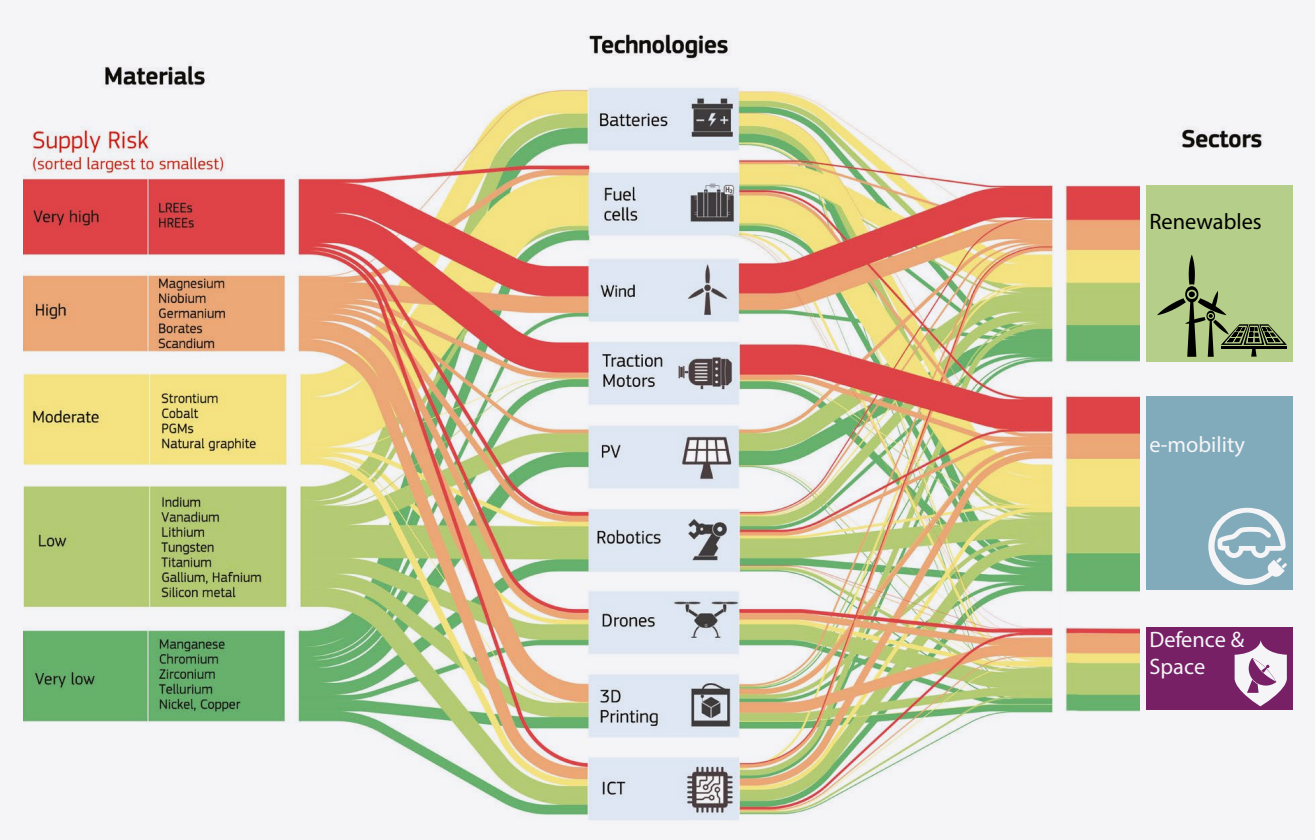
Il concetto di circolarità giunge fino al consumatore finale che è in grado di valutare la durabilità e la convenienza della riparabilità (proposta della Commissione sulla riparabilità, adottata il 22 marzo 2023) assieme alla effettiva sostenibilità (proposta di Direttiva sul Green claims contro il greenwashing adottata il 22 marzo 2023).
L'attenzione della UE si concentra su quei settori che utilizzano più risorse e che hanno un elevato potenziale di circolarità (es. elettronica, batterie, veicoli, imballaggi, plastica, tessili, costruzione e edilizia, alimenti), e che sono oggetto di norme apposite di cui è opportuno ricordare: la strategia per prodotti tessili sostenibili e circolari, la proposta di regolamento sui prodotti da costruzione, e quella sugli imballaggi e i rifiuti d'imballaggio (presentata il 30 novembre 2022).
Questa, con un testo molto spostato verso il riutilizzo piuttosto che il riciclo, trova la giusta opposizione dell'Italia da sempre caratterizzata da buone performance di riciclo in generale e per gli imballaggi in particolare (con il 73,3% dei rifiuti riciclati)[9].
Come accennato, la UE intende attivare meccanismi digitali per la condivisione delle informazioni chiave dei prodotti in relazione alla sostenibilità ed alla circolarità degli stessi, come specificato nell'allegato III della **Proposal for Ecodesign for Sustainable Products Regulation**, 30 marzo 2022. Il cuore di questa innovazione è la distribuzione su larga scala dei Digital Product Passports nelle catene

9 Attualmente sono vigenti o in corso di definizione numerose normative settoriali che andranno a incidere notevolmente su comparti di particolare importanza in Italia. Per citarne alcune: la direttiva 2018/851/Ue introduce l'obbligo di raccolta differenziata del tessile e favorisce la ricerca e sviluppo di tecnologie circolari; la EU strategy for sustainable and circular textiles (2022) della Commissione europea si indirizza ai prodotti tessili e collegati; il Regolamento sulla deforestazione incide sulla catena di produzione del cuoio mentre la Corporate sustainability reporting directive introduce l'obbligo di rendicontare l'impatto ambientale dell'azienda attraverso la pubblicazione di report di sostenibilità. Ad uno stadio avanzato del processo legislativo si possono considerare anche la Corporate sustainability due diligence directive e la Green claims directive e la Empowering consumers for the green transition contro le prassi di greenwashing e per una etichettatura dei prodotti più rigorosa. Anche a livello nazionale si cominciano a delineare regolamenti in ottica circolare su settori come quello del legno (v. il Decreto 8 maggio 2023, n. 90 del MASE).

del valore. Questi passaporti digitali consentirebbero la migliore ottimizzazione delle attività connesse al *product as service*, ovvero riparazioni, assistenza, rigenerazione e riciclaggio, grazie a un migliore accesso ai dati.

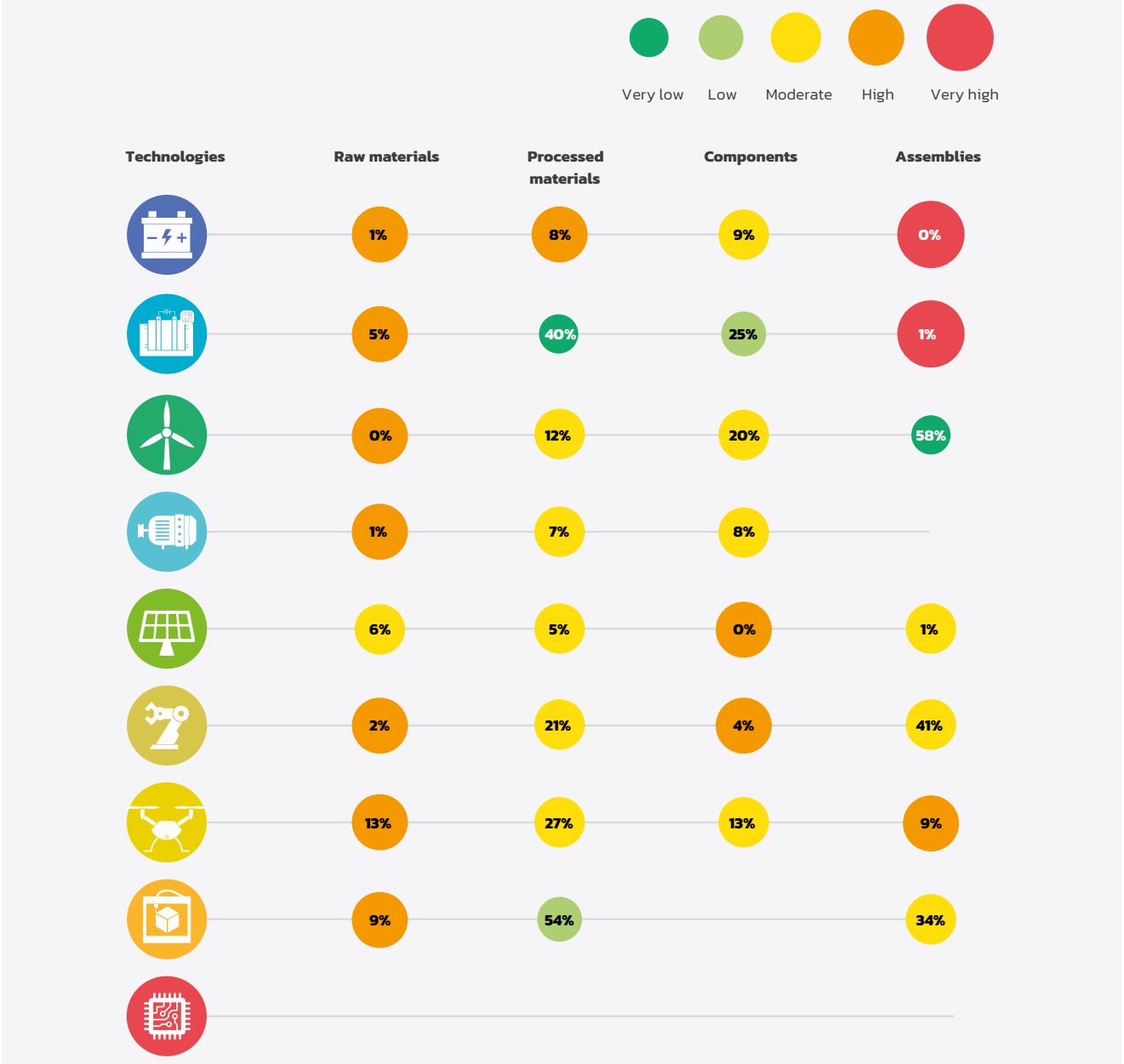
Nel solco della circolarità e della simbiosi industriale, in attuazione del Piano industriale per il Green Deal, la Commissione europea ha recentemente presentato (16 marzo 2023) anche un **Critical raw materials act**, che prevede una serie di azioni per garantire un approvvigionamento sicuro, diversificato e sostenibile di 34 materie prime essenziali, per raggiungere gli obiettivi climatici e digitali, migliorando la circolarità e l'efficienza nell'uso di tali risorse. La strategia europea intende aumentare la capacità di estrazione sul continente (entro il 2030 almeno il 10%) e lavorazione (almeno il 40%) delle materie prime critiche e vuole diversificare i partner commerciali attraverso la costruzione di catene di forniture a basso impatto ambientale e collegate con sistemi circolari. Almeno il 15% delle materie prime critiche dovrà arrivare infatti da attività di recupero e riciclo. I Paesi membri saranno chiamati ad adottare misure tali da favorire la raccolta di materie prime critiche e garantirne il riciclaggio di materie prime secondarie.

SEMI-QUANTITATIVE REPRESENTATION OF FLOWS OF RAW MATERIALS AND THEIR CURRENT SUPPLY RISKS TO TH NINE SELECTED TECHNOLOGIES AND THREE SECTORS
(BASED ON 25 SELECTED RAW MATERIALS, SEE ANNEX 1 – METHODOLOGICAL NOTES)



x

IDENTIFIED SUPPLY RISKS FOR THE EU AND EU SHARES OF PRODUCTION



Fonte: Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. A Foresight Study, 2020

LA SITUAZIONE ITALIANA E IL VALORE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

A riprova dell'emergenza ambientale, nel 2022 i cambiamenti climatici sono al primo posto tra le preoccupazioni per l'ambiente degli italiani seguiti a stretto giro dai problemi dell'inquinamento dell'aria e della produzione dei rifiuti.

In Italia si assiste anche a una lentissima riduzione delle emissioni di CO2 e di gas effetto serra prodotti dalle attività economiche (7 tonnellate di CO2 equivalente per abitante nel 2021) e dal consumo di combustibili per trasporto privato e usi domestici delle famiglie (1,8 tonnellate di CO2 equivalente).

Il livello più alto di emissioni di gas a effetto serra (GHG) in Italia si riscontra nel settore dei trasporti, soprattutto quelli su gomma (25%) e in quello della produzione di energia e calore (22%). Segue il settore residenziale, l'agricoltura ed i processi industriali.

Secondo gli studi del Politecnico di Milano[10] la quota di riduzioni necessarie al 2030 per raggiungere gli obiettivi del -55% di tali emissioni è di 184 MtCO2eq (ma per una portata simile dal 2005 sono serviti il doppio degli anni).

Per poter ottenere una significativa riduzione delle emissioni secondo gli obiettivi evidenziati, il Politecnico di Milano individua sei aree di intervento:

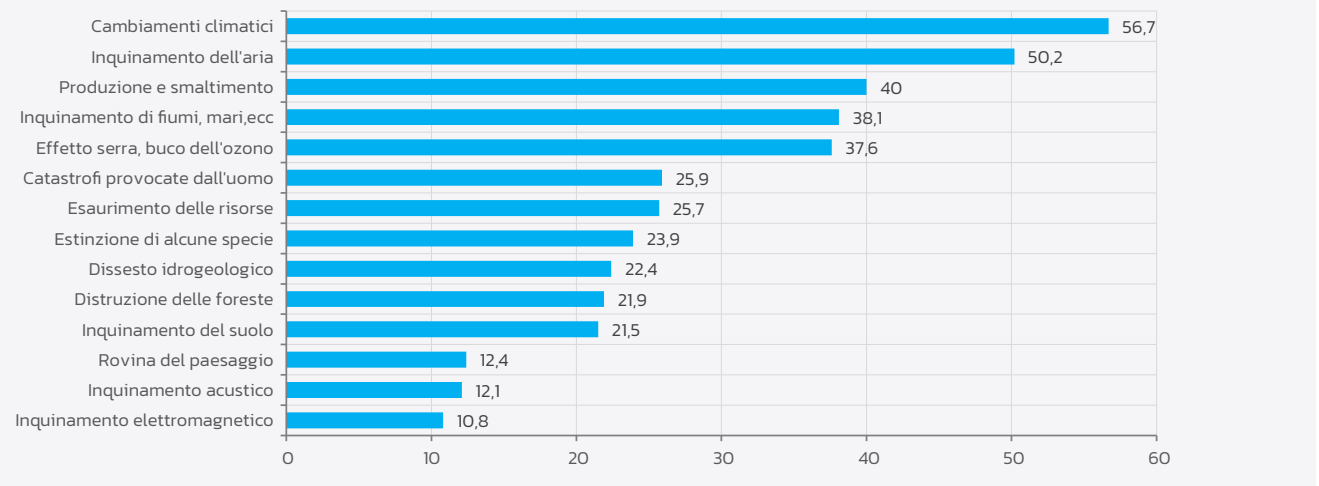
1. sviluppo della produzione di energie rinnovabili,
2. adeguare le infrastrutture di rete,
3. soluzioni per l'efficientamento energetico,
4. soluzioni per la mobilità sostenibile,
5. nuovi modelli di produzione e consumo dell'energia come le energy communities,
6. modelli industriali e di consumo basati sul paradigma dell'economia circolare.

Si tratta di un quadro vastissimo di riferimento ma, per cominciare un percorso di analisi delle nuove competenze della RS&I nella transizione green, possiamo concentrare l'attenzione soprattutto su tre specifici settori industriali particolarmente impattanti:

- Trasporti
- Energia
- Costruzioni

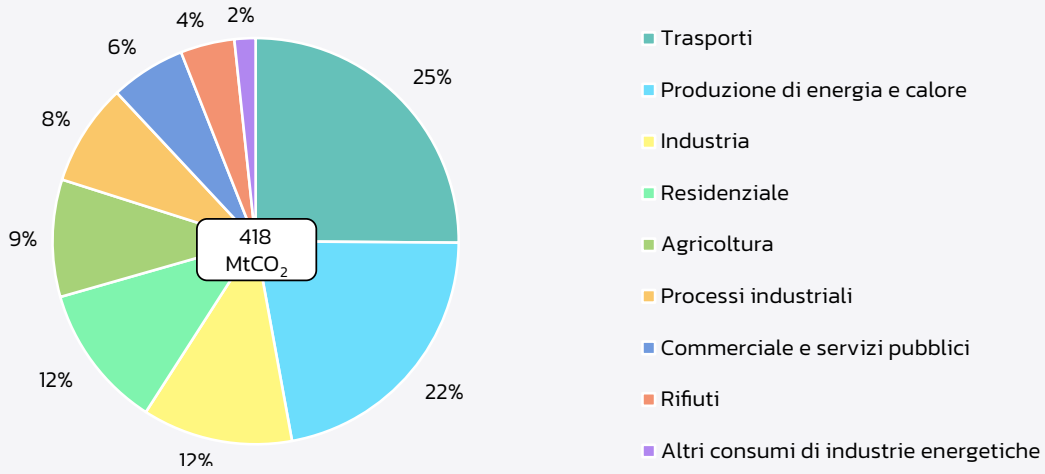
10 Zero Carbon Policy Agenda 2022, Energy & Strategy Politecnico di Milano, 18 Ottobre 2022

PROBLEMI AMBIENTALI PIÙ PREOCCUPANTI
(ANNO 2022, PER 100 PERSIONE DI 14 ANNI E PIÙ)



Fonte: ISTAT, Indagine Aspetti della vita quotidiana, 2022

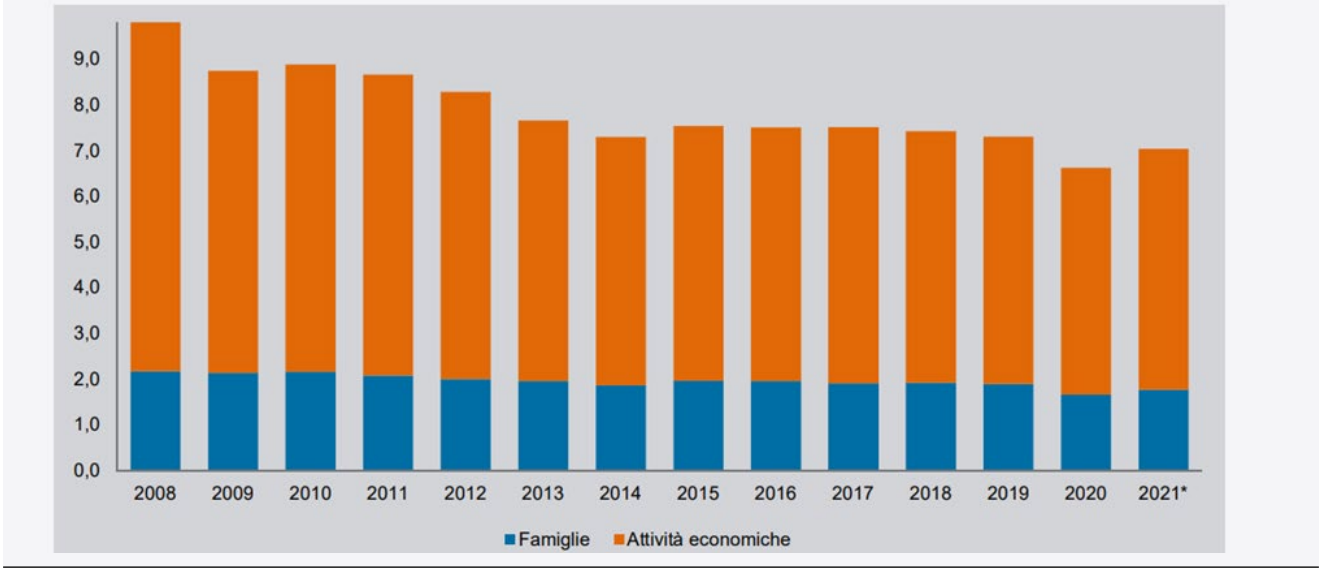
EMISSIONI DI GHG IN ITALIA PER SETTORE - AS-IS



				Riduzione emissioni -55% *	
SETTORE	2005	AS-IS	Delta 2005 vs AS -IS	2030	Delta AS -IS vs 2030
	[MtonCO₂eq]	[MtonCO₂eq]	[MtonCO₂eq]	[MtonCO₂eq]	[MtonCO₂eq]
Produzione di energia e calore	160	92	68	62	30
Industria	92	50	42	41	9
Trasporti	128	105	23	46	59
Residenziale, commerciale e servizi pubblici	87	73	14	32	41
Altri consumi di industrie energetiche	11	7	4	6	1
Processi Industriali	47	34	13	18	16
Agricoltura	43	39	4	21	18
Rifiuti	22	18	4	8	10
TOTALE	590	418	172	234	184
Tempo a disposizione			17 anni		8 anni

Fonte: Politecnico di Milano su dati EEA 2021

EMISSIONI DI CO2 E ALTRI GAS CLIMALTERANTI TOTALI PER FONTE DI EMISSIONE
(ANNI 2008-2021. TONNELLATE DI CO2 EQUIVALENTE PER ABITANTE)



Fonte: ISTAT, Conti ambientali (emissioni atmosferiche), 2021

Nell'ambito di questi settori, in seno ad AIRI, industrie ed enti pubblici stanno cooperando per studiare le nuove **tecnologie per l'industria** con alte potenzialità di decarbonizzazione[11].

L'esercizio intende prendere come riferimento un aspetto trasversale a questi settori ad alto potenziale per l'industria italiana, ovvero **l'introduzione dell'economia circolare come nuovo modo di produrre**[12].

Sono molti gli studi e i documenti che sottolineano la

11 Alle tecnologie chiave di questi settori principali si aggiungono quelle emergenti in altri settori industriali (es. Chimica e Materiali, Ambiente, Digitale e telecomunicazioni, Fabbrica intelligente e advanced manufacturing, ecc) che per la caratterizzazione trasversale, possono contribuire efficacemente alla decarbonizzazione industriale e ad attivare processi circolari nella produzione industriale.

12 A titolo di esempio, si possono citare alcune iniziative in corso tra alcuni dei Soci AIRI:

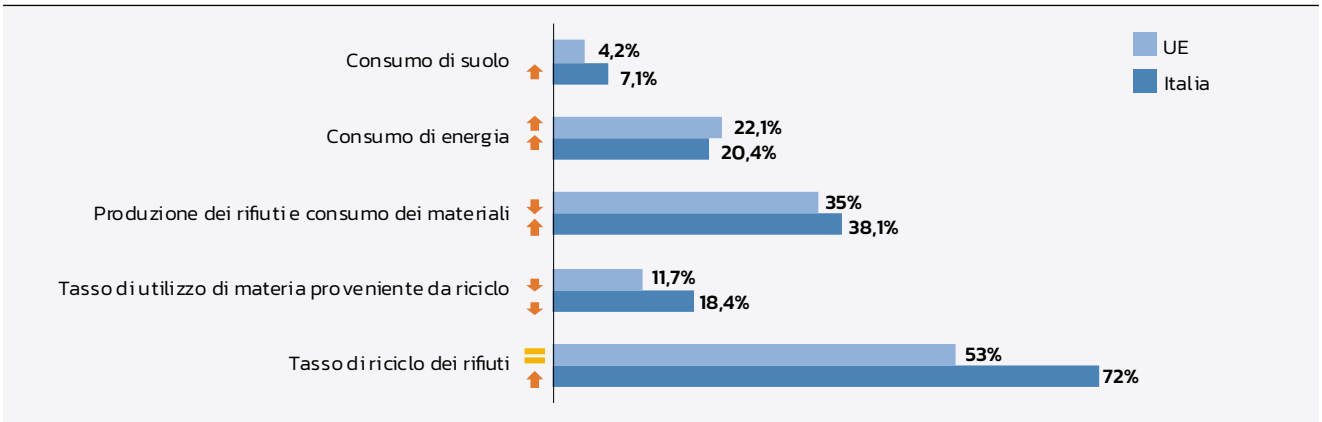
- Pirelli confermata leader nella lotta al cambiamento climatico dal CDP rating massimo per le azioni contro le emissioni e i cambiamenti climatici e leader di sostenibilità a livello globale con il massimo punteggio di settore negli indici S&P Dow Jones World e Europe (CS Pirelli, 13 febbraio 2023 e 10 dicembre 2022).
- Fincantieri sta attivando la ricerca di diverse figure professionali che studino soluzioni per la nave da crociera a propulsione LNG a Monfalcone (Corriere della sera, 27 febbraio 2023).
- 3Sun, la società che gestisce il progetto di gigafactory nell'ambito di Enel Green Power in Sicilia, passerà da 200 a 900 persone. Spicca una nuova unità Renewable Energy Communities in Enel Green Power dedicata alle rinnovabili. È altresì importante osservare le attività della azienda nell'ambito del riciclo dei materiali critici (es. ferro, acciaio, cemento, fosforo, silicio).
- Mapei ha attivato, nell'ambito di una più ampia attività di ecodesign, l'environmental sustainability manager che collabora anche alla pubblicazione del bilancio di sostenibilità.
- Heidelberg Materials launches inaugura un bond di sostenibilità di 750 millioni di euro per installare sistemi di cattura;
- Smigroup ha creato Smienergia dotata di centrale idrolettrica e fotovoltaico, ha incremento il parco solare e geotermico per l' autonomia energetica. È stato implementato un processo di recupero della plastica prodotta dal processo produttivo, trattandola e rendendola materia prima secondaria. Un progetto di ricerca e sviluppo sui materiali ha inoltre permesso la riduzione dell'uso di materie prime nei prodotti con azioni di sensibilizzazione sui clienti che useranno i prodotti. È stato attivato un importante progetto IOT di monitoraggio dei consumi in tempo reale e a consuntivo come elemento da utilizzare come calcolo dei costi ma soprattutto come elemento di comunicazione green. Nella produzione di CO2 è stato attivato un progetto iso14001 per il calcolo di CO2 nei trasporti e filiera produttiva.

rilevanza del contributo dell'economia circolare all'abbattimento delle emissioni, come emerge ad esempio dall'ultimo rapporto del Circular Economy Network[13].
L'implementazione dell'economia circolare consentirebbe di limitare l'aumento della temperatura globale e ridurre drasticamente, fino anche al 70% in meno entro il 2050, le emissioni di gas serra in settori come i trasporti.
Il livello di circolarità globale si è però ridotto negli ultimi anni anche se la performance della Ue rimane buona e al suo interno l'Italia mantiene la leadership rispetto a Spagna, Francia, Germania e Polonia.
Quello dell'economia circolare è un segmento specifico del complesso delle aree di intervento ma riteniamo che ci siano le premesse di contesto per poter delineare alcune competenze richieste nella RS&I:

1. Il nostro **Paese è all'avanguardia negli studi e pratiche di economia circolare**, improntate ad un uso più efficiente delle risorse[14] a fronte della scarsità di materie prime[15] e della dipendenza energetica dall'estero[16];
2. Occorre **spingere verso l'innovazione circolare di prodotto e di processo, utilizzando la conoscenza generata dalla ricerca e sviluppo** dei centri di ricerca

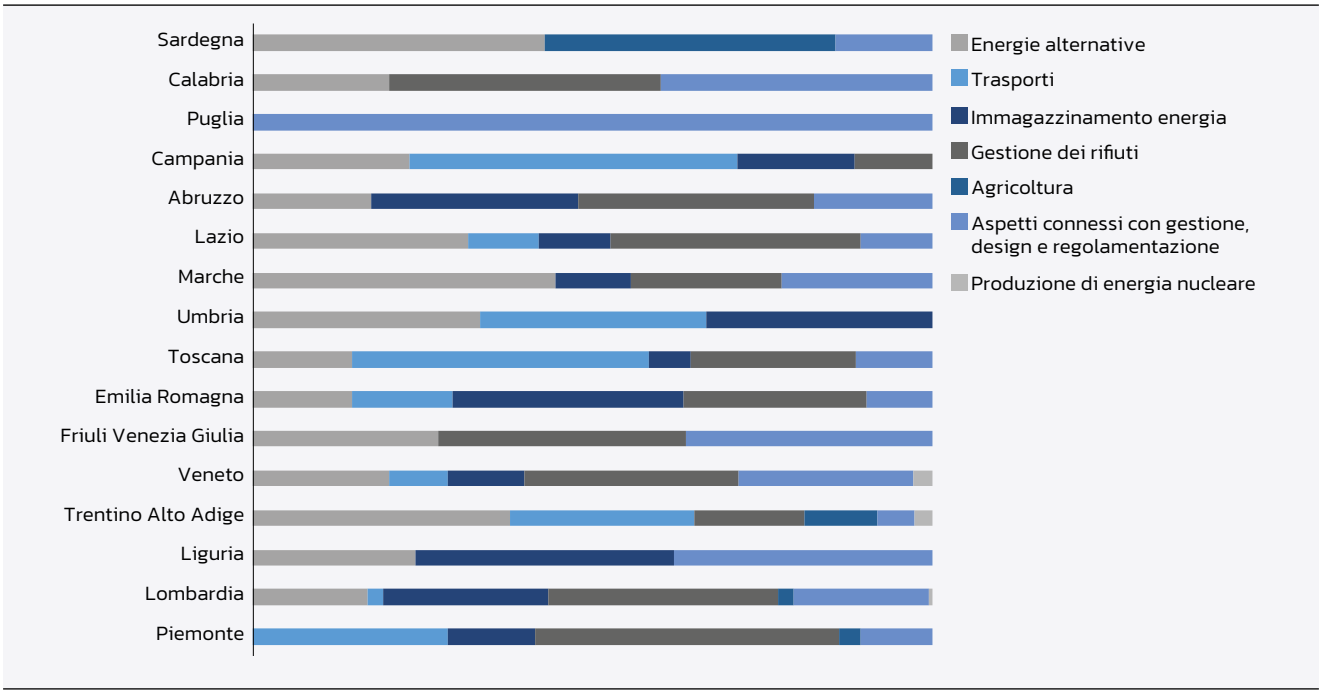
13 5° Rapporto sull'economia circolare in Italia 2023, Circular Economy Network ed ENEA.
14 L'Italia in tema di politiche di circolarità è tra le più virtuose economie nella UE. È in particolare sopra la media UE per quanto riguarda il tasso di riciclo dei rifiuti, l'utilizzo di materia prima proveniente da riciclo e la produzione dei rifiuti e consumo di materiali. Presenta anche buone performance per la produttività delle risorse (per ogni kg di risorse consumate vengono generati 3,2 euro) e per il numero di aziende che si occupano di riparazione dei beni (24.000).
15 Il consumo di materiali cresce in tutti i principali paesi europei rispetto al 2020 ma l'Italia è il paese con maggiori incrementi (+14,7%). Rispetto ai principali paesi europei, l'Italia impiega una quantità più bassa di minerali per l'industria delle costruzioni mentre sta aumentando l'impiego di minerali riciclati rispetto alla domanda complessiva (+10,7%). Resta invece alto il consumo di metalli, che fanno del nostro paese uno dei principali importatori, ma cresce l'utilizzo di metalli da riciclo (+12,4%). Tra il 2010 e il 2020 in Italia si è ridotto notevolmente il consumo di materiali (-22 punti), ma si assiste ad un aumento della produzione di rifiuti totali (10 punti), soprattutto speciali (+16%) che però vengono largamente portati a riciclo (78,1% nel 2020). Larghissime prestazioni di riciclo risultano per quelli provenienti da costruzione e demolizione (98%) e da imballaggio (73,3%).
16 La storica dipendenza da fossili vede l'Italia tra i maggiori importatori con aumenti nei consumi nel 2021 anche se nel decennio vi è stata una consistente riduzione (-20%) rispetto però ad aumenti trascurabili dei consumi da biomasse. L'energia prodotta da fossili è ancora molto alta (62,6% ma diminuisce tra il 2019-2020) ma si osserva un incremento della quota di energia rinnovabile utilizzata che si attesta al 20,4%.

PROBLEMI AMBIENTALI PIÙ PREOCCUPANTI
(ANNO 2022, PER 100 PERSIONE DI 14 ANNI E PIÙ)



Fonte: ISTAT, Indagine Aspetti della vita quotidiana, 2022

DOMANDE ITALIANE DI BREVETTO EUROPEO
PERCENTUALE PER TECNOLOGIE GREEN E REGIONE, 2022



Fonte: ISTAT, Indagine Aspetti della vita quotidiana, 2022

– pubblici e privati[17]. Serve perciò intensificare il sostegno pubblico e privato alle attività di innovazione del prossimo futuro perché nel medio-breve periodo verranno messe a punto le tecnologie chiave per l'industria, frutto della cooperazione pubblico-privato promossa da AIRI, con un focus specifico proprio sull'economia circolare, energie rinnovabili e advanced manufacturing;

3. Le aziende stanno già elaborando **nuovi assetti organizzativi che rafforzano le principali aree di attività nel quadro della sostenibilità e della simbiosi industriale** e, poggiandosi su una più attiva e integrata correlazione tra R&S e Innovazione, sulla multidisciplinarietà delle competenze e sulla progettazione integrata di prodotti e processi circolari, iniziano ad assumere una fisionomia più stabile.

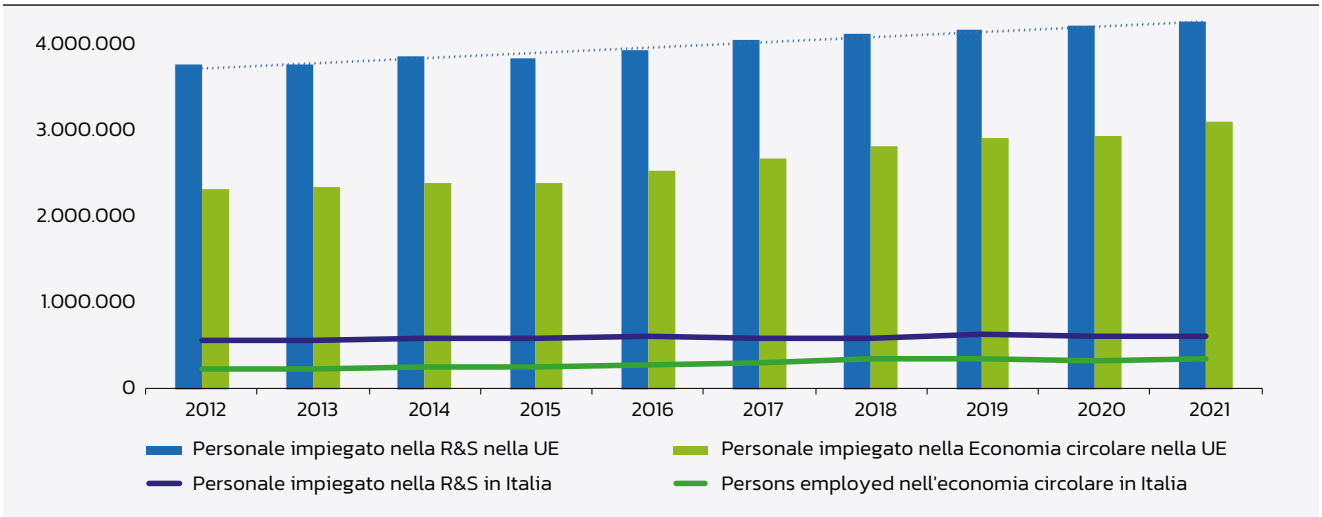
Il fabbisogno e la scarsità di risorse e materie prime che caratterizza il territorio italiano, devono indurre la R&S e l'innovazione nazionale a occuparsi di efficientamento, uso e gestione delle risorse lungo l'intera catena di valore, a partire dall'approvvigionamento e dalla progettazione, durante la produzione, il consumo e nella gestione del fine vita.

Si può continuare a farlo nei settori dove le migliori performance di riciclo indicano una filiera già in azione:

1. andando a sostenere, con riforme legislative e fondi

17 L'Italia è tra i leader del gruppo di paesi con migliori performance secondo l'eco-innovation scoreboard 2022 della UE. Esso si compone di un ecoinnovation input (investimenti) e di un output (risultati immediati dalla conoscenza). Relativamente agli input, mentre l'Italia è sotto la media UE per le risorse governative impegnate sul tema ambientale, risulta invece sopra la media europea per quanto riguarda gli investimenti in personale impegnato in R&S.
Molto al di sotto della media europea l'output di ecoinnovazione dell'Italia, ciò significa che la conoscenza prodotto dalla R&D stenta a trasformarsi in innovazione di prodotti e processi.

PERSONALE IMPIEGATO NELLA R&S E NELL'ECONOMIA CIRCOLARE (PERSONALE ETP)
(ANNO 2022, PER 100 PERSIONE DI 14 ANNI E PIÙ)



Fonte: EUROSTAT

adeguati, l'approvvigionamento in sicurezza di materie prime critiche[18], lo sviluppo di tecnologie e sistemi circolari assieme alla produzione e immagazzinamento di energia[19];
2. favorendo la formazione, il potenziamento di competenze del personale impiegato nell'area della Ricerca e Sviluppo (R&S) e dell'Innovazione e in quella dell'Economia circolare, mettendo anche in grado tali aree di comunicare in modo efficace tra loro attraverso l'adozione di definizioni e parole chiave comuni alle aree di riferimento;
3. divulgando nuovi modelli di business, metodologie di valutazione della circolarità, forme di engagement degli stakeholders per l'educazione alla circolarità.

Abbiamo visto come fortemente legato e fattore induttivo della doppia transizione – ecologica e digitale – sono le **materie prime critiche**, sul quale in Italia si è avviato un tavolo di lavoro specifico guidato dal Mimit assieme al Mase. La chiusura delle miniere, la carenza di geologi, la mancanza di aziende specializzate ha imposto la necessità di delineare una strategia che contempla la progettazione di prodotti che possano avvalersi di materie prime riciclate. In questo contesto, oltre alla estrazione e raffinazione di materie prime critiche disponibili sul territorio e il sostegno a paesi esteri alleati, occorre sostenere il **modello di miniera urbana**, fortemente orientata al riciclo di materie critiche da rifiuti speciali.

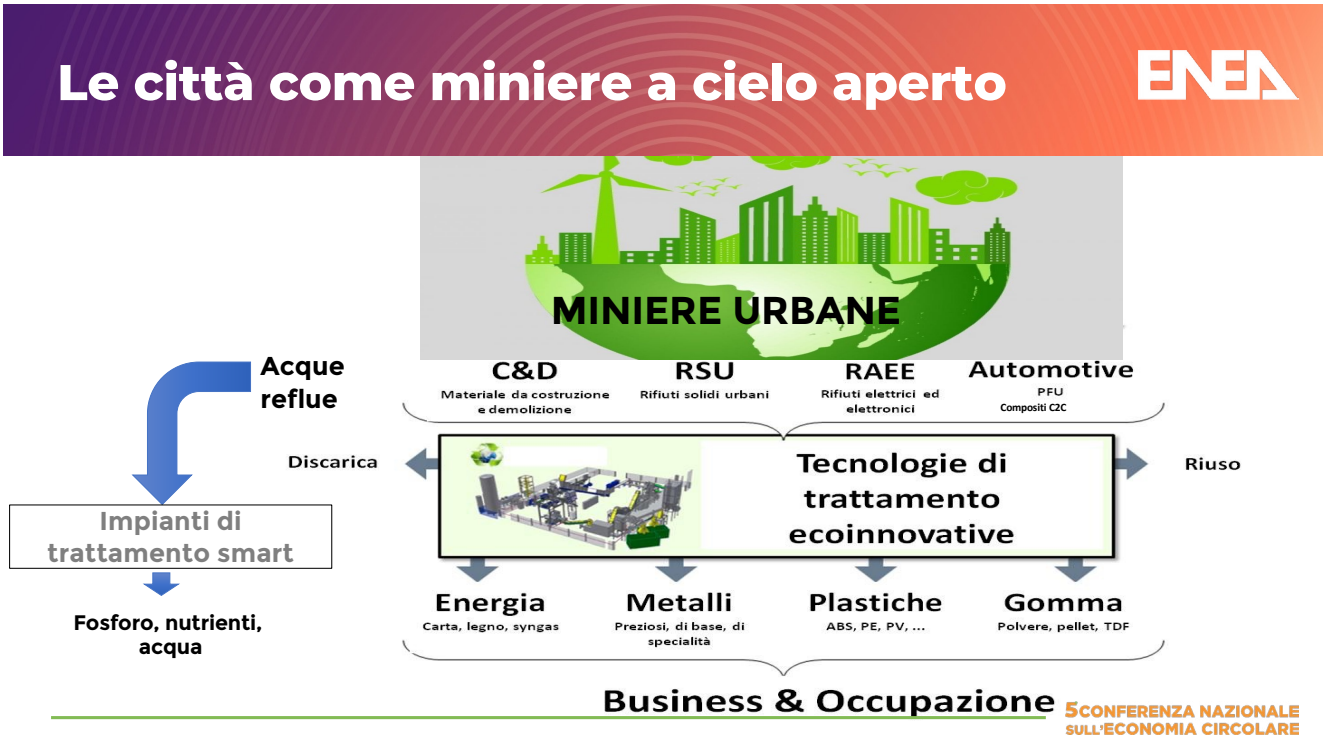
18 In Italia, le materie prime critiche rientrano nella produzione industriale per circa 565 miliardi di euro (32% del PIL italiano). Le Materie Prime Critiche, intervento di Roberto Morabito, ENEA – Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Roma, 16 maggio 2023

19 Secondo dati EPO elaborati da UNIONCAMERE, il 6% delle 4.773 domande italiane di brevetto europeo riguardano le tecnologie green e vengono per lo più presentate da organizzazioni presenti nelle zone industriali del Paese e ad alto tasso di R&S. La maggiore brevettazione riguarda soprattutto il settore trasporti (79 domande) e due ambiti: 1. la gestione dei rifiuti (170 domande), seguita da aspetti connessi alla gestione, design e regolamentazione (106 domande); 2. le energie alternative (110 domande) e l'immagazzinamento di energie (98 domande). Guardando invece allo storico dei dati EPO sulle domande di brevetti italiani nella UE, da un punto di vista socio-economico è interessante notare che: nel periodo di picco pandemico nel 2020 a trainare sono le domande di brevetto nel settore Pharma (+8,3%) e Med (+9%); in corrispondenza delle interruzioni delle filiere trainano le domande di brevetto il settore delle Computer technologies (+11,7% nel 2021) e delle Digital communication (+11,2% nel 2022); in corrispondenza di un maggiore problema di approvigionamenti energetici aumentano le domande di brevetti nelle Electrical machinery/Energy (+18,2%) nel 2022.

► All'interno del modello di miniera urbana, il riciclo in ottica olistica prevede una serie di competenze relative alla **gestione di impianti per il trattamento di materie prime critiche** e figure in grado di spaziare dalla responsabilità tecnica del riciclo dei materiali a quella del trattamento delle acque e del suolo.

L' approccio alle miniere urbane andrebbe accompagnato ai progetti di simbiosi industriale che possono contribuire alla chiusura dei cicli delle risorse anche attraverso la collaborazione tra imprese.
La roadmap nazionale della transizione green è segnata anche se la normazione di dettaglio deve ancora essere perfezionata:

- La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile del 2017 ha introdotto a livello nazionale i principi dell'Agenda 2030 che, assieme alla Strategia Nazionale per la Biodiversità e la Strategia Nazionale di Bioeconomia, rappresentano i capisaldi di riferimento in Italia. Lo scorso 18 settembre il Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (CITE) ha approvato la revisione della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, adattando gli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'ONU al contesto italiano. Per l'attuazione della nuova Strategia sono stati stanziati circa 17 milioni di euro per l'annualità 2023/2024. Per il raggiungimento dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030, la nuova Strategia introduce dei «valori obiettivo» misurati annualmente tramite 55 indicatori di primo livello e 190 indicatori di secondo livello. Nel testo, particolare attenzione è stata data ai tre «vettori di sostenibilità»: coerenza delle politiche, cultura e partecipazione per lo sviluppo sostenibile.
- Nel 2020 l'Italia ha predisposto il Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC) sviluppando in maniera integrata i concetti di decarbonizzazione, efficienza e sicurezza energetica, mercato interno



dell'energia, ricerca e innovazione. Anche tale strumento è in corso di revisione.

- Nel 2022, il Piano per la transizione ecologica intende coordinare le politiche in materia di riduzione delle emissioni di gas climalteranti, risorse idriche, qualità dell'aria, economia circolare, bioeconomia circolare e fiscalità ambientale, compresi i sussidi ambientali e la finanza climatica e sostenibile.
- Nel 2022 il governo ha adottato la Strategia nazionale per l'economia circolare e il Programma nazionale per la gestione dei rifiuti[20], che affiancano il Piano nazionale di transizione ecologica e il futuro Programma nazionale di prevenzione dei rifiuti.

Accanto a questi documenti programmatici occorre ricordare gli investimenti del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) da completare con tempi stringenti afferenti al settore della circolarità ambientale[21].
Per la parte incentivi si prevede all'interno della più generale revisione del sistema degli incentivi alle imprese il rafforzamento del sostegno ai progetti industriali di economia circolare che associno la transizione green a quella digitale (v. la riforma del Piano Transizione 4.0), nonché l'introduzione di benefici fiscali sugli investimenti di capitale proprio per progetti di sviluppo di prodotti e processi circolari (abbattimento IRES imprese su capitale reinvestito per progetti e nuova occupazione previsto dalla recente legge di delega fiscale legge n. 111/2023), nonché per il consumo di prodotti sostenibili e l'uso di materie prime da riciclo (attraverso crediti di imposta e sistemi di deposito cauzionale).
Nell'ottica di sistema pubblico-privato necessaria per affrontare una sfida così complessa si inserisce il Piano d'azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione, emanato il 3 agosto 2023 dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica di concerto con il Ministero delle finanze e quello del Made in Italy (GPP – green public procurement).
Il Piano assume come principio base negli acquisti della Pubblica Amministrazione italiana l'utilizzo dei CAM (Criteri Ambientali minimi), in modo che gli "appalti pubblici possano essere un'ulteriore leva per rafforzare la leadership delle imprese italiane a livello europeo e mondiale in materia di tecnologie verdi e pratiche circolari".
In alcuni casi i CAM assumono la natura di requisiti di ecoprogettazione per il ciclo di vita del prodotto anche in ottica di simbiosi industriale.
Il Piano prevede nuove figure professionali di supporto alle stazioni appaltanti della pubblica amministrazione quali il green manager, l'energy manager, il resource manager, la presenza di referenti CAM e sportelli informativi presso enti di supporto nel rapporto con le imprese quali le Camere di commercio, gli Ordini professionali, gli enti di accreditamento (UNI, Accredia), nonché soggetti pubblici di rilevanza nazionale (Invitalia, la Scuola nazionale dell'amministrazione, il CNR) e Università, Politecnici, Istituti professionali per la formazione.

20 Tra le altre cose istituisce un Registro Elettronico Nazionale di Tracciabilità dei Rifiuti, si promuove incentivi fiscali per le attività di riciclo e utilizzo di materie prime secondarie, introduce benefici fiscali per il riciclo, prevede l'istituzione di centri e sistemi per il riutilizzo e il riuso, rappresenta un rafforzamento della normativa sui rifiuti da edilizia, tessile, plastica, RAEE; il sostegno ai progetti di simbiosi industriale in esso previsto incentiva le reti tra imprese circolari; son presenti misure di salvaguardia per il suolo e le acque.
21 Si tratta di 1,5 miliardi di euro per nuovi impianti o ammodernamento di impianti di trattamento e riciclo in vari settori oltre che 600 milioni per progetti faro di economia circolare delle imprese nelle filiere dei RAEE, carta, plastiche e tessili.



Tecnologie per l'economia circolare

Di seguito vengono descritte alcune visioni dell'economia circolare dal punto di vista tecnologico e settoriale.
Si tratta di una panoramica generale tratta dal rilevamento delle innovazioni del prossimo futuro che AIRI sta analizzando nei settori industriali di interesse.
Alcune tecnologie abilitano in modo trasversale lo sviluppo di sistemi circolari (es. Ambiente ed economia circolare, Manifatturiero avanzato e meccatronica, Tecnologie digitali), altre riguardano la specificità di alcuni settori industriali ad alta potenzialità di decarbonizzazione (es. Trasporti, Costruzioni, Chimica); infine vengono identificate alcune tecnologie energetiche che possono interagire con i sistemi circolari (ad esempio nella produzione di biocarburanti da rifiuti e carbon capture).

AMBIENTE ED ECONOMIA CIRCOLARE

Le tecnologie che AIRI sta elaborando nello specifico dominio dell'ambiente ed Economia Circolare sono orientate all'**uso efficiente delle risorse**.
Questo uso comprende la valorizzazione delle risorse stesse, l'allungamento del ciclo di vita e la gestione virtuosa lungo l'intera catena del valore, dall'approvvigionamento alla progettazione del prodotto, dalla produzione ai modelli di consumo e la gestione del fine vita.
Le tecnologie selezionate da AIRI intervengono nelle diverse fasi della catena di valore, soprattutto nella fase di eco-design e innovazione di prodotto e di processo (**diagnosi delle risorse**) e nell'implementazione di modelli collaborativi di business (**simbiosi industriale**).
Sono poi prese in considerazione tecnologie per la **valorizzazione delle miniere urbane**, che mettono al centro il riciclo di **materie prime critiche** da prodotti complessi a fine vita e le **plastiche miste**.
Si affiancano a queste anche le tecnologie per la **gestione della risorsa idrica** e la **valorizzazione dei fanghi** derivanti dal trattamento dei reflui secondo i principi della circolarità.
Nel dettaglio AIRI ha identificato le seguenti tecnologie nel campo dell'ambiente ed economia circolare:

1. Tecnologie per la valorizzazione delle acque reflue.
2. Approccio integrato alla gestione sostenibile e circolare dei fanghi di depurazione.
3. Tecnologie per la valorizzazione delle batterie al litio a fine vita.
4. Tecnologie per il riciclo chimico (o molecolare) dei rifiuti plastici.
5. Tecnologie innovative per i prodotti Biobased.
6. Tecnologie per un'agricoltura innovativa e sostenibile.
7. Tecnologie per la valorizzazione delle risorse nel settore agroindustriale.
8. La diagnosi delle risorse come strumento per l'economia circolare.
9. La simbiosi industriale per la transizione verso l'economia circolare del sistema delle imprese e del territorio.

MANIFATTURIERO AVANZATO E MECCATRONICA

Per il manifatturiero avanzato e la meccatronica nello studio AIRI si contemplano tra i paradigmi base delle **fabbriche del futuro**: la centralità dell'uomo (come apprendimento e semplificazione delle interfacce Uomo-Macchina); la manifattura flessibile (ed in particolare la progettazione e produzione personalizzata), adattiva e a zero sprechi; il ciclo di vita del prodotto e il de-re-manufacturing, la produzione sostenibile (che riguarda l'ottimizzazione di consumi e materiali) e la tracciabilità di filiera (processo e prodotto).
Questi paradigmi comprendono modalità avanzate di gestione dei processi produttivi e di ricerca e sviluppo di prodotti.
Nell'ambito della progettazione di prodotti e processi industriali, il **software di simulazione** svolge un ruolo cruciale nell'ottimizzazione e nel miglioramento di vari aspetti mentre le parti hardware di un **impianto produt-**

tivo automatico vengono dotate della capacità di gestione, controllo o elaborazione dati e la stampa 3D può essere essenziale in fase di prototipazione per ridurre gli scarti, in settori come l'automotive, il biomedicale, il packaging, ecc.

La realtà aumentata e la realtà virtuale entrano in modo funzionale nella fase progettuale e di produzione. Esse permettono all'utilizzatore di immergersi in una esperienza visiva e sensoriale di un ambiente creato digitalmente grazie a dispositivi ergonomici avanzati. Con l'**Intelligenza artificiale** è possibile pensare al supporto all'operatore attraverso forme di condotta guidata con l'assistenza anche della robotica collaborativa.

La **digitalizzazione del processo produttivo** può sostenere diverse funzioni utili alla sostenibilità, quali il monitoraggio da remoto degli impianti produttivi (con l'Internet of Things), sistemi di gestione remoti dei dati (con la Blockchain, cloud, edge), l' analisi predittiva, la riparabilità, ecc..

Nel quadro di questi paradigmi e funzioni, sono state identificate al momento le seguenti tecnologie che possono trasformare i processi produttivi anche in senso circolare:

1. Componenti e sistemi meccatronici smart
2. Manifattura additiva
3. Robotica collaborativa
4. Simulazioni di prodotto e processo
5. Intelligenza Artificiale, Realtà Aumentata e Realtà Virtuale
6. Ergonomia cognitiva
7. Architetture e sistemi digitali per il manifatturiero

DIGITALE

La **convergenza tra green e digital** caratterizza l'applicazione di alcune tecnologie identificate da AIRI nel settore delle ICT.

Nell'ottica circolare, infatti, la massa di dati costituisce un patrimonio essenziale per migliorare il sistema complessivo da gestire attraverso l'implementazione in **Cloud** di soluzioni IT dedicate a raccogliere, archiviare ed amministrare **dati del ciclo di vita dei prodotti e i rapporti con i clienti**, attraverso la costruzione di **ecosistemi IoT** per raccogliere i **dati di funzionamento del processo e del ciclo di vita dei prodotti** e all' **Edge computing** per l'elaborazione in tempo reale nell'ambito dell'**automazione industriale** e nelle città intelligenti.

È utilissimo introdurre il **calcolo ad alte prestazioni** (High Performance Computing, HPC) sia per la simulazione in **fase progettuale** che per il controllo delle operazioni di **sistemi di produzione** in tempo reale. Nei sistemi più complessi **l'Intelligenza Artificiale** può supportare l'apporto umano in compiti ripetitivi o in **operazioni che contemplino grandi quantità di dati**.

In fase di progettazione di prodotto le **tecnologie Immersive** quali la Realtà Virtuale e Realtà Aumentata permettono di digitalizzare assets esistenti o di progettarne di nuovi e creare **infrastrutture virtuali di sperimentazione**. I **Digital twin** consentono di evolvere la funzionalità della tecnologia da semplice digitalizzazione di un'apparecchiatura a quella di un'intera struttura: fabbrica, edificio, ambiente.

Per sostenere la capacità di rete necessaria, occorre potenziare da un lato le tecnologie **Ultra-wide band, 5G, 6G**, per incrementare la velocità dati e introdurre nuove funzionalità, portando a pieno sviluppo la creazione di un **mondo cyber-fisico completamente digitalizzato e programmabile**; dall'altro è essenziale sviluppare le cybersecurity dei dati, delle comunicazioni, del software e dei sistemi.

A questo scopo la **Blockchain** rappresenta un insieme di tecnologie chiave per il processo di validazione delle operazioni industriali e per le **transazioni nell'ambito della Logistica e approvvigionamento**.

In tale contesto le tecnologie informatiche ed elettroniche consentono alle macchine un comportamento attivo, con il minimo impatto ambientale.

Nel dettaglio AIRI ha identificato le seguenti tecnologie per l'industria nel campo digitale:

1. Cloud Computing
2. IoT
3. HPC e Big Data
4. Intelligenza Artificiale, Machine Learning, Deep Learning / Explainable AI
5. Tecnologie Immersive: Realtà Virtuale e Realtà

Aumentata
6. Ultra-wide band, 5G, 6G
7. Cybersecurity
8. Blockchain

COSTRUZIONI

L'industria dei materiali da costruzione sta attraversando una fase di cambiamenti epocali per far fronte alle urgenti sfide ambientali e sociali.
I notevoli progressi in ambito tecnologico e tecnico si susseguono rapidamente e richiedono una formazione tecnica conseguente che diventa requisito essenziale per una corretta comprensione di fenomeni rilevanti e complessi, in particolare per il settore cemento e calcestruzzo. L'industria del cemento e calcestruzzo, è attenta agli sviluppi tecnologici inerenti tali prodotti e ai relativi processi produttivi e costruttivi, contribuisce anche alla formalizzazione del know-how tecnico innovativo, grazie alla ricchezza di pubblicazioni scientifiche e alle attività brevettuali. Il contributo degli esperti del settore allo sviluppo della normativa di prodotto ha consentito di superare le modalità regolamentari tradizionali, basate sulla sola applicazione della legislazione nazionale, per abbracciare una visione europea di maggiore armonizzazione con conseguente consolidamento del mercato unico europeo.
Molti sviluppi tecnici e tecnologici dell' industria del cemento e del calcestruzzo, in particolare per i materiali, si sono ispirati alla natura, cercando di imitarne i percorsi circolari. Forte è l'impegno profuso dall'industria di settore nella ricerca di soluzioni tecnologiche che consentano la massimizzazione delle **pratiche di circolarità in ambito materiali** (es. incremento della proporzione di materiali di riciclo in sostituzione di materie prime naturali per la produzione di cemento) o **energia** (es. incremento della proporzione di energie rinnovabili e/o combustibili alternativi a quelli fossili). Si tenderà a trasformare ogni rifiuto in sottoprodotto allorché se ne identifichi un uso idoneo e sostenibile, tecnicamente fattibile.
Il calcestruzzo è il materiale da costruzione più ampiamente diffuso e ciò facilita la ricerca di continui miglioramenti prestazionali e comporta il loro grande impatto.

Nel settore edilizio dal punto di vista ambientale conta ovviamente l'impatto complessivo dell'opera, per cui materiali diversi potranno ottenere risultati ottimali in contesti diversi, ma altrettanto importante è lo sviluppo tecnico e tecnologico dell' interazione dei materiali o addirittura della loro miscelazione. La conoscenza delle **caratteristiche tecniche dei materiali in relazione all'uso strutturale** previsto e alla loro interazione risulta pertanto prerequisito essenziale alla sostenibilità. Importante è la ricerca di nuove possibilità applicative che possano valorizzare i materiali disponibili e quella volta ad ottenere materiali innovativi, in un'ottica di circolarità. Per questo l'attenzione dell'industria, in particolare quella del cemento, è volta a valutare attentamente ed in modo affidabile l'impronta di carbonio nell' intero ciclo di vita dei prodotti da costruzione, per facilitare il percorso circolare al suo interno. La riduzione dell' impronta di carbonio rappresenta un percorso oneroso in cui l'industria cementiera si è fortemente impegnata ritenendolo essenziale in una visione prospettica. Infatti, l'attenzione della comunità scientifica e dell'opinione pubblica sui temi ambientali, ed in particolare per gli aspetti relativi al carbonio atmosferico, è tale da poter avviare a rapida obsolescenza quei materiali ritenuti ambientalmente o socialmente incompatibili e normative come la CBAM accelereranno tale processo.

Scendendo più nel dettaglio tra i temi oggetto di ricerca nella comunità scientifica relativamente ai materiali da costruzione a base cementizia, se ne riportano alcuni di particolare rilevanza:

- **studio delle proprietà dei materiali di riciclo/ secondari**, come costituenti di cemento/ calcestruzzo, in particolare per gli aspetti inerenti le proprietà meccaniche, durabilità ed ambientali.
- **studio di processi produttivi e composizione di cementi/calcestruzzi**, finalizzati a ridurre l'impronta di carbonio.
- **studio di materiali ad elevate prestazioni** finalizzato a ridurre le risorse necessarie per la struttura.
- **introduzione della digitalizzazione** in supporto alle varie fasi del ciclo di vita della struttura (es.

calcestruzzo intelligente; intelligenza artificiale; BIM – building information modelling etc.)

La sostenibilità però non è solo tecnica e tecnologica ma deve declinarsi anche in termini sociali, economici e considerare l'ambiente come un ecosistema. Ad esempio una certa soluzione tecnica, seppure eccellente, potrebbe richiedere investimenti ragguardevoli e/o non immediatamente disponibili, oppure esigenze di sicurezza o situazioni ambientali particolari es. tenersi preparati ad eventi naturali estremi potrebbero far prevalere una diversa soluzione tecnica oppure, infine, ragioni di equità sociale potrebbero far considerare prevalente rispetto alla soluzione tecnica ottimale un'altra soluzione a costi inferiori per rendere disponibili un maggior numero di abitazioni/infrastrutture essenziali a costi accessibili.

TRASPORTI

L'elettrificazione ad oggi è l'opzione tecnologica più promettente nel settore dei trasporti pur presentando luci e ombre[22]. L'elettrificazione (batterie e reti) è più adatta per la mobilità su gomma e ferro, mentre per il trasporto navale e aereo, per le lunghe percorrenze essa non risulta altrettanto praticabile e rivestirà una percentuale minore nel mix energetico, nei confronti sia degli e-fuels che, in un'ottica più lontana, dell' idrogeno.
Le tecnologie relative al biogas, e-fuels, idrogeno sono ad un livello di TRL più basso e presentano dunque un maggior rischio di sviluppo e una probabile difficoltà applicativa in diversi settori.
All' interno del trasporto su gomma il trasporto pesante resta quello con applicazioni tecnologiche più incerte, paradossalmente essendo forse più adatto a varie tecnologie (GNL, idrogeno, elettrificazione) e di conseguenza risentendo di alcune rigidità ad esse legate (esempio ritardo nell' elettrificazione delle autostrade, creazione dei sistemi complessi di Hydrogen valley con funzione di hub & spoke per i trasporti).

L'elettrificazione rimane l'opzione tecnologica per raggiungere nel breve periodo gli obiettivi del Fit for 55 del 2030, pur con le criticità evidenziate.

La lotta al cambiamento climatico basata sull'elettrificazione coinvolge in parte o completamente i sistemi di stoccaggio di energia elettrochimici, di cui le batterie agli ioni di litio sono la principale tecnologia. Per quanto le **batterie al litio** continueranno a popolare il mercato automotive e le applicazioni stazionarie, nei prossimi anni ci si aspetta che si sviluppino anche altre tipologie di batterie, ad esempio con anodi contenenti silicio che presentano un contenuto energetico superiore rispetto ai convenzionali anodi di grafite.

Il principale passo in avanti sarà tuttavia l'introduzione di **batterie agli ioni di sodio,** con costi molto ridotti grazie all'utilizzo di elementi abbondanti in natura tra cui ferro, sodio e alluminio, che potranno essere adottate nel settore automotive per i veicoli di bassa fascia. A queste si andranno ad aggiungere le **batterie allo stato solido**, consentendo di raggiungere densità energetiche molto superiori. Mentre le batterie agli ioni di sodio sono alle porte del mercato automotive, le batterie allo stato solido sono ancora in fase di sviluppo.
È chiaro quindi che le batterie agli ioni di litio saranno alla base dell'elettrificazione del settore dei trasporti. Inoltre, ci si aspetta che vengano implementate applicazioni di second-life delle batterie, al fine di ridurre ulteriormente l'impatto ambientale e raggiungere l'elettrificazione totale del settore dei trasporti.
Infatti se, da un lato, l'elettrificazione del settore automotive consentirà di ridurre le emissioni di gas serra, la produzione e lo smaltimento delle batterie apportano dall'altro lato un forte contributo alle emissioni sull'intero ciclo di vita delle vetture elettriche a batteria (BEV). La realizzazione di un veicolo BEV ha infatti un forte impatto ambientale, di cui il 40%-60% è dovuto alla produzione delle batterie. Per quanto ad oggi la sola produzione di veicoli BEV abbia un impatto ambientale superiore ai veicoli endotermici, le analisi svolte sull'intero ciclo di vita della vetture (Life-Cycle GHG emission) mostrano che

22 Decarbonizzare i trasporti. Evidenze scientifiche e proposte di policy, MIMS, aprile 2022

le auto elettriche hanno un impatto ambientale molto inferiore a quello delle auto endotermiche[23].

Riguardo il **fine vita delle batterie**, al momento si stanno sviluppando e industrializzando processi di riciclo particolarmente efficienti e ci si aspetta che negli anni avvenire venga realizzato un apposito sistema per la raccolta, riciclo e smaltimento, anche grazie alla spinta proveniente dal crescente numero di batterie da riciclare.

Un recente studio di Motus-E[24], ha analizzato l'impatto che il riciclo delle batterie può avere in Europa e in Italia, stimando che al 2050 saranno presenti circa 3,4 Mton di batterie da riciclare, un'opportunità per l'Europa che si traduce in 4,1-6,1 Mld€, che permetterebbe di ridurre l'acquisto di batterie, ad oggi quasi totalmente prodotte in Cina, e sviluppare così una supply chain delle batterie totalmente europea.

La Cina oltre ad essere il principale produttore mondiale di batterie e vetture elettriche, ad oggi risulta essere il leader dell'intera supply chain delle batterie al litio (circa il 24% della fornitura globale di litio e più del 50% della sua capacità di raffinazione, oltre al 77% della capacità di raffinazione globale del Cobalto)[25].

In considerazione del crescente aumento delle vetture elettriche e dell'impatto che i sistemi di stoccaggio elettrochimico agli ioni di litio giocheranno negli anni avvenire, la Comunità Europea e gli Stati Uniti hanno iniziato a sviluppare una propria filiera di produzione delle batterie e di approvvigionamento delle materie prime. Nel 2023, con l'adozione del regolamento denominato "Battery Regulation", che regola l'intero ciclo di vita delle batterie e in particolare il fine vita, e il "Critical Raw Materials Act" in cui viene introdotto il concetto di strategic raw materials (SRMs), si individua un tentativo di risposta europea alla carenza o difficoltà di approvvigionamento dei materiali critici[26], tra i quali molti degli elementi contenuti nelle batterie agli ioni di litio: Litio, Manganese, Magnesio, Grafite Naturale, Rame, Nichel e Cobalto.

ENERGIA

Esiste un rapporto tra produzione di energia da fonti rinnovabili ed economia circolare. Pertanto è necessario accennare a quali tecnologie energetiche possono trovare un riferimento – in termini di figure professionali e competenze – nel ciclo di sviluppo del prodotto e dei processi industriali.

In linea con il Net Zero Industry Act possiamo definire alcune tecnologie chiave per centrare i target di riduzione delle emissioni al 2030 e al 2050: solare fotovoltaico e solare termico; energia rinnovabile eolica onshore e offshore; batterie e accumulo; pompe di calore ed energia geotermica; elettrolizzatori e celle a combustibile; biogas e biometano; CCUS e tecnologie di rete.

L'industria nazionale è nella posizione di poter generare l'innovazione e di accelerare la diffusione sul mercato delle nuove tecnologie per la decarbonizzazione, in collaborazione con il mondo della ricerca.

In questa sede vogliamo indicare solo alcune tecnologie energetiche che possono interagire direttamente con la fabbrica circolare.

In particolare, la **Carbon Capture** consente di ridurre drasticamente le emissioni di CO2 in atmosfera ma la varietà di fonti di emissione e la loro dislocazione sul territorio rispetto ai possibili siti di stoccaggio o riutilizzo della CO2, richiedono una combinazione di diverse soluzioni tecnologiche, che superino gli ostacoli legati al costo e al trasporto della CO2 catturata.

Queste tecnologie di Carbon Capture possono essere combinate sinergicamente con la **produzione di idrogeno rinnovabile**. Con gli elettrolizzatori a bassa temperatura per la produzione di idrogeno rinnovabile, è possibile utilizzare tecnologie di elettrolisi alcalina ed elettrolisi PEM, AEM.

L'idrogeno andrà ad alimentare celle combustibile ma l'aumento esponenziale dell'uso dell'Idrogeno verde in sistemi di accumulo comporta un crescente sforzo tec-

23 ICCT – A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric Passenger, 2021
24 Motus-E – Il riciclo delle batterie dei veicoli elettrici @2050: scenari evolutivi e tecnologie abilitanti
25 IER – China Expected to Increase Control Over Global Lithium and Cobalt Supply
26 European Commission – Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs – Critical Raw Materials

nologico per lo stoccaggio, la conservazione e il trasporto in sicurezza.
Nell'ambito della produzione di Low Carbon Fuels, i **biocarburanti** possono offrire un contributo rilevante al processo di decarbonizzazione dei settori energetici. La loro principale caratteristica è garantire un ridotto impatto ambientale in termini di CO2 equivalente sul ciclo di vita e non utilizzare materie prime derivanti da suoli destinati a colture alimentari.
Anche queste tecnologie possono essere collegate all'economia circolare, in linea con la normativa comunitaria (Direttiva UE RED II), che incentiva la produzione di **biocarburanti avanzati a partire dai rifiuti** (es. frazione organica dei RSU), residui, materie cellulosiche di origine non alimentare e materie ligno-cellulosiche.
Inoltre, i biocarburanti da biomasse insieme ai carburanti sostenibili da carbonio riciclato consentirebbero l'utilizzo di infrastrutture esistenti (trasporto/ distribuzione, stoccaggio, utenze) e sono pertanto da considerarsi un'opzione di breve-medio termine per decarbonizzare il sistema energetico passando attraverso la defossilizzazione.
Ai biocarburanti si aggiungono gli **e-fuels**, combustibili prodotti dalla combinazione di anidride carbonica (CO2) e idrogeno verde (prodotto cioè da energia di origine rinnovabile) che rappresentano un'importante soluzione al problema dello stoccaggio su lungo periodo dell'energia prodotta da fonti rinnovabili intermittenti, integrando i tradizionali sistemi di immagazzinamento dell'energia.
Un primo nucleo di tecnologie Airi in ambito energia riguardano, quindi:

1. **Fonti e vettori**
   a. Eolico Floating Offshore
   b. Elettrolizzatori a bassa temperatura per la produzione di idrogeno rinnovabile
   c. Produzione di Low Carbon Fuels
   d. Biocarburanti
   e. CCUS- Carbon Capture

2. **Infrastrutture**
   a. H2 Storage e trasporto
   b. Sistema di compressione innovativa tramite tecnologia elettrochimica
   c. Membrane di Separazione Idrogeno

3. **Usi finali**
   a. Celle combustibili alimentate con idrogeno e combustibili rinnovabili
   b. Serbatoi in composito di tipo V per la mobilità sostenibile
   c. Tecnologie abilitanti, digital, smart grid
   d. Droni sottomarini per intervento / ispezione (UID)

CHIMICA

Il settore chimico, fondamentale per la decarbonizzazione per le sue caratteristiche abilitanti, è fortemente impegnato[27] sulle possibili innovazioni incrementali per l'efficienza energetica dei processi e la sostenibilità dei prodotti.
Per i processi le principali azioni riguardano interventi sulle attrezzature e loro performance (caldaie, motori e soprattutto catalizzatori), la riduzione e recupero dei gas effluenti dalla combustione dei combustibili fossili, interventi sulla **modellizzazione dei processi**, con l'utilizzo delle tecnologie digitali, big data, I.o.T, blockchain e intelligenza artificiale (l'intera catena del valore nell'ambito dell'industria chimica può avvalersi di sistemi intelligenti perla gestione degli stock o il trattamento dei pneumatici industriali),l'**elettrificazione dei processi** con interventi sul calore di scarto, la produzione elettrochimica della chimica fine e la sintesi dell'idrogeno insieme alla CO2 per ottenere metanolo verde. Tra i nuovi processi le **alternative biocatalitiche risultano** meno inquinanti e possono garantire ulteriori risparmi di energia. Infine la **cattura e stoccaggio di CO_2** rappresenta una sfida importante, in quanto oggi è riciclabile solo una piccola parte dei materiali a base di prodotti chimici mentre il riciclaggio chimico (es. grazie a pirolisi) fa ben sperare.
Sul lato dei **nuovi processi** in relazione all' economia

27 Sulla strada verso la neutralità climatica 2050. Il ruolo delle parti sociali nella decarbonizzazione nelle industrie chimica, farmaceutica, della gomma e della plastica, AA.VV, Marzo 2023

circolare, di sicuro interesse per tutti i principali settori (industria chimica, farmaceutica, gomma, plastica) sono le tecnologie: ODC, metanolo verde, elettrolisi dell'acqua per l'idrogeno verde, processi biologici, tecnologia di sequestro del vapore, sostituzione di inalatori HFA, poliuretano basato su una materia prima circolare; soluzioni per polipropilene circolare; pirolisi dei rifiuti di plastica per nafta circolare, riciclaggio di polistirolo espanso; granulato di gomma per usi terzi, gestione del fine vita di pneumatici.

Anche nell'industria chimica la **progettazione del prodotto** offre un grosso contributo all'economia circolare agendo su scomposizione dei componenti, uso di materiali riciclabili o nuovi materiali primari e secondari. Nello specifico le **nuove materie prime** possono avere impatti considerevoli nell'industria chimica (valorizzazione dei gas, CO2 per metanolo, polimeri speciali), nell'industria della plastica (carbonio biogenico, bioplastiche, lignina termoplastica) e in quella della gomma (butadiene verde, composti elastomerici da olio vegetale, CO2 come materia prima negli elastomeri, poliuretano termoplasticobasato su tecnologia CO2).



Organizzazione della ricerca industriale e nuove competenze per l'economia circolare

IL FABBISOGNO DI PERSONALE QUALIFICATO PER LA NET ZERO

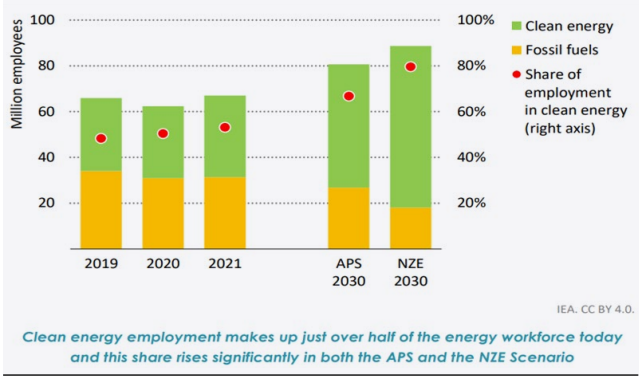
Secondo il World Energy Employment Report IEA sono 65 milioni gli addetti nel settore energia in tutto il mondo di cui 750 mila nella Ricerca e Sviluppo (R&S). Il 50% del totale del personale è coinvolto nel campo dell'energia pulita, il 45% rappresenta personale altamente qualificato

La IEA prevede che si possa giungere a **80-90 milioni di occupati nel 2030**, se le politiche Net Zero andranno a raddoppiare l'impiego di energia pulita nell'ambito delle politiche orientate alla sostenibilità industriale[28].
Il settore energetico è quello che registrerebbe la maggiore crescita dell'occupazione nel 2030 (+9 milioni di posti di lavoro nella generazione di energia, +4 milioni nelle reti elettriche e nello stoccaggio) ma la crescita riguarda anche i settori produttivi del solare fotovoltaico ed eolico, la produzione di veicoli, l'industria in generale e le costruzioni.

La distribuzione globale dei posti di lavoro nel settore manifatturiero dipenderà da come i paesi svilupperanno le filiere di tecnologia pulita e dalle politiche del lavoro più o meno incisive indirizzate a costruire la nuova forza lavoro necessaria per la rapida espansione delle tecnologie green e a riqualificare quella tradizionale.
Il settore energetico richiede lavoratori molto più qualificati. Per attrarre professionalità, comprese quelle provenienti da altri settori, occorrerà che i nuovi settori industriali si espandano e diventino più attrattivi, specialmente nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo.
La crescita della domanda industriale di professionalità qualificate si scontra infatti con l'attuale carenza di manodopera con competenze idonee ad affrontare la transizione green.
Per quanto riguarda la R&S, le industrie emergenti si troveranno ad affrontare la crescita di investimenti nei settori dell'idrogeno e della cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio (CCUS), che costituiscono oggi piccole porzioni della forza lavoro nel settore e richiedono lavoratori altamente qualificati per la loro espansione.
I dati su esposti sono abbastanza in linea e integrabili con quelli prodotti dalla International Labour Organisation (ILO) che declina i settori maggiormente interessati dalla transizione verso la sostenibilità energetica.

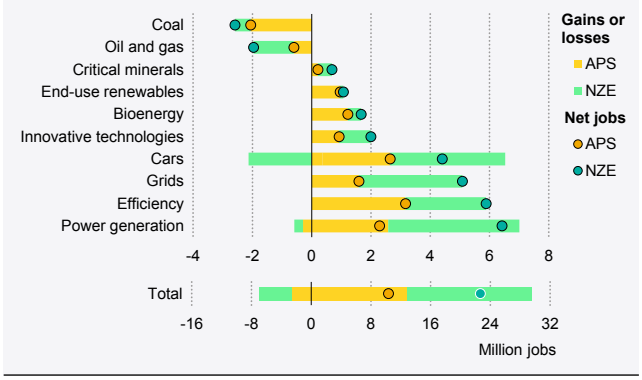
28 World Energy Employment Report, revised version 2022, International Energy Agency

GLOBAL EMPLOYEMENT IN FOSSIL FUELS AND CLIAN ENERGY



Fonte: World Energy Employment, revised version 2022, IEA

EMPLOYMENT BY SCENARIO AND BY SUBSECTOR, 2019-2030



Fonte: World Energy Employment, revised version 2022, IEA

Sia nello scenario dell'energia sostenibile che in quello dell'economia circolare, la creazione di posti di lavoro supera la distruzione di posti obsoleti. Secondo ILO, a livello mondiale entro il 2030 i posti di lavoro netti potrebbero sfiorare 18 milioni nell'energia e oltre 7 milioni nell'economia circolare[29].

Per la Ricerca e Sviluppo è prevista la creazione di 3,4 milioni di posti di lavoro entro il 2030 nell'ambito specifico della transizione verso l'economia circolare.

Grazie a una precisa politica europea indirizzata al Green Deal, il fabbisogno europeo di professioni per la *green transition* è costantemente in aumento. **Secondo la Commissione UE, il 35% - 40% di tutti i lavori contribuiranno alla transizione green e digitale**. La produttività industriale dunque si basa anche sulla capacità di trattenere e attrarre lavoratori con alte qualifiche green e digitali. A tal proposito la Commissione europea identifica alcune possibili leve di funding pubblico-privato che possono rappresentare concreti strumenti per l'upskilling e il reskilling della forza lavoro[30].

Secondo recenti studi OECD l'implementazione delle sole politiche UE del programma Fit for 55, dovrebbero spingere al rialzo l'occupazione totale europea dell' 1,3% fino al 2030, dato che è tuttavia inferiore alla crescita (3%) dell'occupazione senza l'attuazione del Fit for 55[31].

29 Skills for a greener future: a global view, international labour office, 2019

30 Ad esempio: un intervento sugli aiuti di stato che esenti maggiormente le iniziative di formazione nelle PMI così come per i lavoratori formati nell'ambito degli IPCEI; considerare le spese delle imprese come un investimento e non come un costo. Il complesso della programmazione 2021-2027 assieme a NextGenerationEU sostiene investimenti per circa 64.8 miliardi di euro per lo skilling, reskilling e up-skilling. Lo European Social Fund mette a disposizione 5.8 miliardi per competenze e lavori green 3 miliardi derivano dal Just Transition Mechanism e 1.5 miliardi dai PNRR.

31 OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 297, luglio 2023, The effects of the EU Fit
for 55 package on labour markets and the demand for skills.

SECTORS MOST AFFECTED BY THE TRANSITION TO ENERGY SUSTAINABILITY, SCENARIO TO 2030

INDUSTRIES SET TO EXPERIENCE THE HIGHEST JOB DEMAND GROWTH		INDUSTRIES SET TO EXPERIENCE THE STRONGEST JOB DEMAND DECLINE	
SECTOR	JOBS CREATED (MLN)	SECTOR	JOBS LOST (MLN)
Construction	6.5	Petroleum refining	1.6
Manufacture of electrical machinery and apparatus	2.5	Extraction of crude petroleum and related services, excluding surveying	1.4
Mining of copper ores and concentrates	1.2	Production of electricity by coal	0.8
Production of electricity by hydropower	0.8	Mining of coal and lignite; peat extraction	0.7
Cultivation of vegetables, fruit, nuts	0.8	Private households with employed persons	0.5
Production of electricity by solar PV	0.8	Manufacture of gas; distribution of gaseous fuels through mains	0.3
Retail trade, except of motor vehicles and motorcycles; repair of personal and household goods	0.7	Extraction of natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying	0.2

Notes: Difference in employment by industry between the energy sustainability scenario and the IEA (2015) 6°C (business-as-usual) scenario by 2030. For further details on the data and methods used, see ILO, 2018a, Appendix 2.1.
Source: ILO, 2018a.

Questo scarto è dovuto alla crescita di posti qualificati nel settore a basse emissioni e alla perdita di lavori legati a settori ad alta intensità energetica. L'OECD indica un aumento della richiesta di professioni collegate all'innovazione tecnologica, con competenze specifiche sull'informatica, il pensiero creativo, l'analisi di dati, l'ingegneria, oltre a competenze trasversali (es. comunicazione, team building, problem solving), a fronte di una minore domanda di competenze legate alle macchine e agli strumenti tradizionali del manifatturiero.

Per quanto riguarda il nostro Paese molti studi sottolineano come entro il 2026, Imprese e Pubbliche Amministrazioni avranno necessità di 4 milioni di lavoratori di medio e alto profilo con competenze legate alla sostenibilità[32]. Nella Ricerca e Sviluppo (R&S), **AIRI stima per l'Italia almeno 160 mila nuovi addetti alla R&S nelle imprese nel 2030** che porterebbero il personale complessivo della R&S nelle aziende a un potenziale di circa 500 mila. **Di questo stock complessivo, i nuovi addetti alla R&S direttamente coinvolti in progetti di ricerca industriale in ambito Net Zero, possono essere stimati in una forbice che va da 21 mila a 67 mila**.

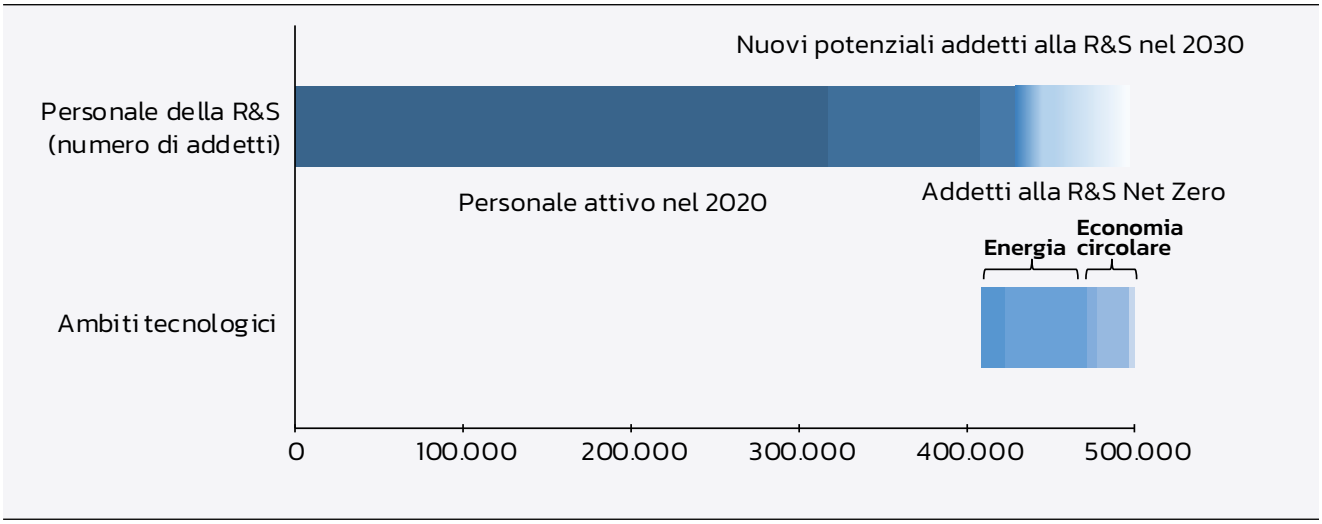
32 Confermano la tendenza sia i dati Unioncamere-ANPAL che lo studio "Alte competenze per un futuro sostenibile" redatto dall'osservatorio 4.Manager, 2022. In particolare le imprese stanno indirizzando i principali investimenti di innovazione nella direzione strategica, nel marketing, nel sistema di approvvigionamento, nella normativa, nella tecnologia.

SECTORS MOST AFFECTED BY THE TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY, SCENARIO TO 2030

INDUSTRIES SET TO EXPERIENCE T HE HIGHEST JOB DEMAND GROWTH		INDUSTRIES SET TO EXPERIENCE THE STRONGEST JOB DEMAND DECLINE	
SECTOR	JOBS CREATED (MLN)	SECTOR	JOBS LOST (MLN)
Reprocessing of secondary steel into new steel	17.5	Manufacture of basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof	15.6
Retail trade, except of motor vehicles and motorcycles; repair of personal and household goods	16.7	Mining of copper ores and concentrates	14.1
Production of electricity by solar PV	8.7	Manufacture of wood and	0.8
of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials	5.8		0.7
Wholesale trade and commission trade, except of motor vehicles and motorcycles	7.7	Manufacture of glass and glass products	5.2
Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicle parts, motorcycles, motor cycles parts and accessories	4.3	Mining of iron ores	4.8
Research and development	3.4	Mining of coal and lignite; peat extraction	3.2
Reprocessing of secondary wood material into new wood material	3.0	Mining of nickel ores and concentrates	3.1

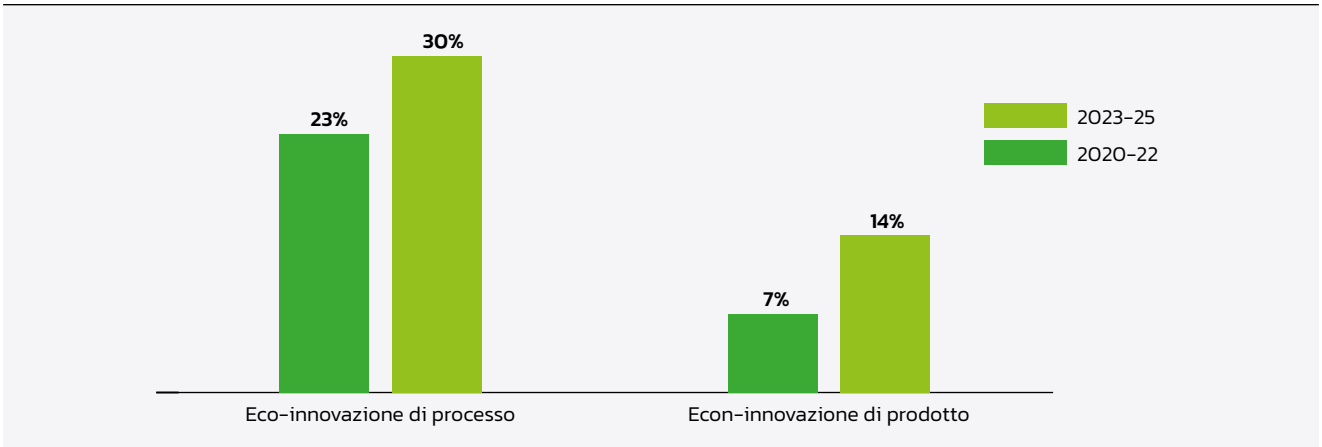
Notes: Difference in employment by industry between the circular economy scenario and the IEA 6°C (business-as- usual) scenario (IEA, 2015) by 2030. For further details on the data and methods used, see ILO, 2018a, Appendix 2.1.
Source: ILO calculations based on EXIOBASE v3.

SCENARIO NET ZERO AL 2030
STIMA DEL PERSONALE DELLA RICERCA E SVILUPPO DELLE IMPRESE IN ITALIA



Fonte: Elaborazione AIRI su dati Eurostat, ILO, IEA

IMPRESE CHE INVESTONO IN ECO-INNOVAZIONE DI PROCESSO E DI PRODOTTO
(QUOTE % SUL TOTALE IMPRESE)



Fonte: sondaggio 2023 Centro Studi Tagliacarne-Unioncamere

IMPRESE CHE FISSANO DEGLI OBIETTIVI GREEN SPECIFICI DI RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELLA PROPRIA ATTIVITÀ
(QUOTE % SUL TOTALE IMPRESE INVESTITRICI IN ECO-INNOVAZIONE)



Fonte: sondaggio 2023 Centro Studi Tagliacarne-Unioncamere

Questo potenziale di nuovi addetti alla R&S si tradurrebbe in un impiego di specialisti soprattutto nel campo dell'energia (70%) e dell'economia circolare (30%).
La variabile dipenderà ovviamente dagli extra investimenti che verranno attivati dalle industrie, grazie a fondi propri e a finanziamenti pubblici, nello specifico diretti alla decarbonizzazione industriale.

Secondo un recente sondaggio del Centro Studi Tagliacarne-Unioncamere, il 37% delle imprese ha l'obiettivo di realizzare investimenti in sostenibilità entro il 2025. Il 30% delle imprese ha intenzione di investire in eco-innovazione di processo nel triennio 2023-25, il 14% in prodotti eco-sostenibili. È interessante osservare che la metà delle imprese che investono in innovazioni green dispone di una figura interna dedicata al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità.

IL NUOVO POSIZIONAMENTO ORGANIZZATIVO DELLE INDUSTRIE A TRAZIONE NET ZERO

Esiste ancora una eterogenea terminologia con cui sono chiamate le principali professioni ricercate nel mondo della sostenibilità.
In questa fase di avvio della transizione si sta affermando soprattutto un cambiamento organizzativo nelle imprese a maggiore trazione verso la sostenibilità, ispirato ai **criteri ESG (Enviromental, Social, Governance)**.
Nasce la figura apicale del **Responsabile della Sostenibilità**, con competenze manageriali e tecnico-scientifiche, che guida e consiglia la strategia generale a livello aziendale, assistito da altre figure più specialistiche (es. l'environmental manager, il social manager, il governance manager).
Tra le figure più importanti si va configurando il **Circular Economy Manager**, anch'esso caratterizzato da competenze tecniche e manageriali: "*competenze trasversali, in grado di ristrutturare l'intero apparato aziendale lavorando in sinergia con i manager già presenti in azienda, al fine di rinnovare i loro ruoli in ottica circolare*", secondo il citato rapporto «Alte competenze per un futuro sostenibile» dell'osservatorio 4.Manager.
La Sostenibilità diventa così il nuovo driver di indirizzo strategico che va ad affiancare e guidare almeno altre quattro consolidate aree di competenza:

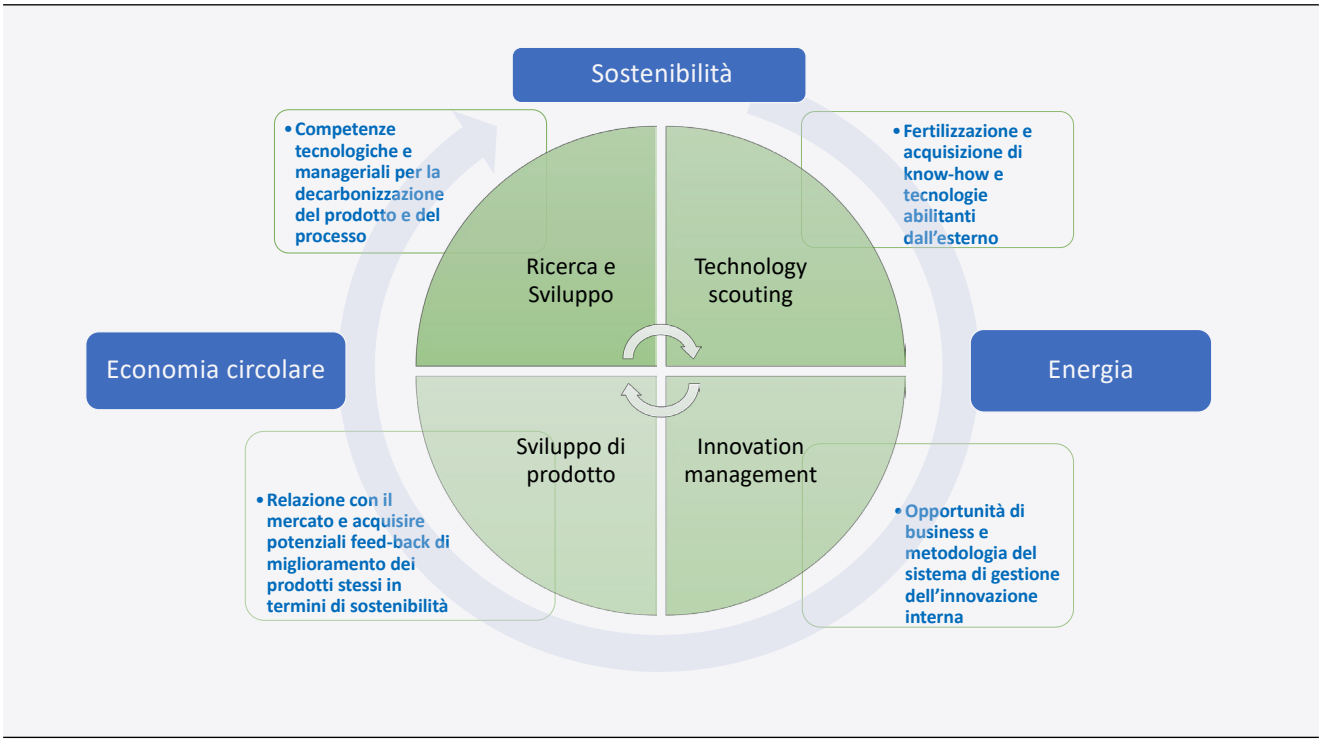
1. l'area della **Ricerca e Sviluppo** che si compone di competenze tecnologiche e manageriali per la decarbonizzazione dei prodotti e dei processi;
2. l'area del **Technology scouting** per la fertilizzazione e acquisizione di know-how e tecnologie abilitanti dall'esterno;
3. l'area dell'**Innovazione** che guarda agli aspetti di business e metodologici del sistema di gestione dell'innovazione interna;
4. l'area di **Prodotto** che ha la funzione chiave di entrare in relazione con il mercato e acquisire potenziali feed-back di miglioramento dei prodotti stessi anche in termini di sostenibilità.

Questo working paper intende concentrarsi sull'**area della Ricerca e Sviluppo** e in particolare sulle figure della ricerca industriale sulle quali AIRI ha cominciato a delineare i nuovi profili per la doppia transizione green e digitale[33]:

- **Il Direttore della R&S**
- **Il Ricercatore industriale**

33 Nuove competenze Digitali e Green nella Ricerca e Sviluppo Industriale, Working paper AIRI , 2022

NUOVO POSIZIONAMENTO ORGANIZZATIVO DELLE INDUSTRIE A TRAZIONE NET ZERO



a) per capire come possono interagire con le figure di:
- **Responsabile della Sostenibilità**
- **Circular Economy Manager**
- **Energy Manager**
- **Innovation Manager**

b) per tentare di circoscrivere quali competenze vanno potenziate o integrate per affrontare i nuovi temi tecnologici, sociali e ambientali derivati dal processo verso Net Zero.

Lo studio intende quindi individuare alcune competenze trasversali ai settori osservati, ovvero trasporti, energia, costruzioni, che caratterizzano le figure tipiche del Direttore della R&S e del Ricercatore industriale.

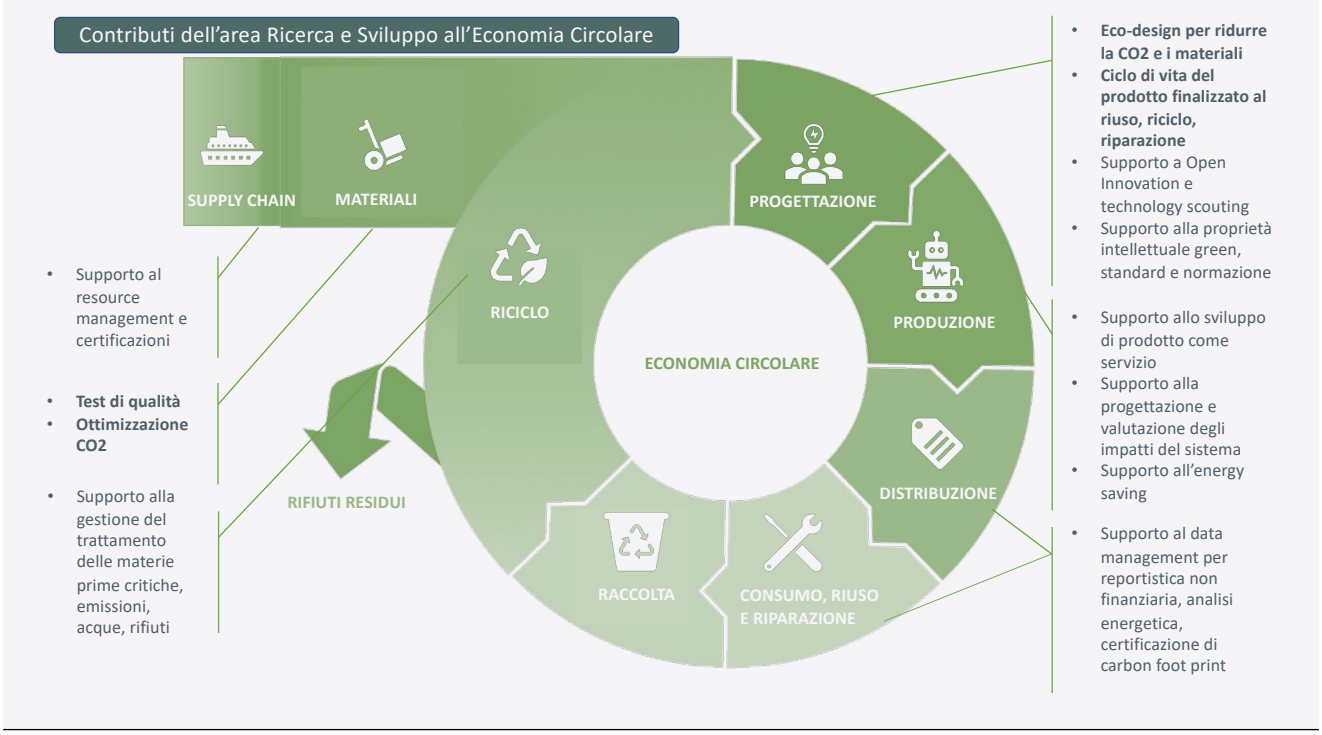
LA RICERCA INDUSTRIALE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE

Nel quadro dell'assetto organizzativo industriale in ottica Net Zero è possibile tracciare alcuni contributi che il Direttore della R&S ed i Ricercatori industriali, possono dare alle altre tre figure coinvolte nello sviluppo dell'economia circolare.

R&D MANAGER E RESPONSABILE DELLA SOSTENIBILITÀ

Nell'ambito della progettazione, in relazione al Responsabile della Sostenibilità, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Assiste in ottica di sostenibilità lo sviluppo della proprietà intellettuale, contribuisce all'aderenza e miglioramento degli standard, alla compliance normativa generale e al miglioramento della stessa;
- Attiva partnership con centri di ricerca terzi, start up, anche attraverso facilities industriali cooperative e

CONTRIBUTI DELL'AREA RICERCA E SVILUPPO ALL'ECONOMIA CIRCOLARE



call competitive, per selezionare tecnologie con alte potenziali di sostenibilità;
- Contribuisce alla corretta comunicazione esterna e interna, fornendo supporto al data management per la reportistica non finanziaria, l'analisi energetica, la certificazione di carbon foot print, la diffusione presso clienti di sistemi di ritiro del prodotto e di riparazione nell'ottica della responsabilità estesa del produttore.

R&D MANAGER E CIRCULAR ECONOMY MANAGER

Nell'ambito dell'approvvigionamento dei materiali e materie prime, in relazione al Circular Economy Manager[34], il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Supporta l'adesione di fornitori e materiali agli standard e norme, anche considerando i dati sul ciclo di vita degli stessi;
- Effettua test di qualità sui materiali e ne ottimizza le proprietà in funzione della riduzione della CO2.

Nell'ambito della progettazione, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce a implementare l'ecodesign e la progettazione circolare dei prodotti lungo il ciclo di vita (riuso, riciclo, riparazione, ecc..);
- È direttamente coinvolto nell'implementazione di

34 Le potenziali attività di collaborazione sono individuate alla luce delle priorità di ecoprogettazione in FABBISOGNI DELLE IMPRESE SU ECONOMIA CIRCOLARE: COMPETENZE E FORMAZIONE, ECO-INNOVAZIONE, KPI ED ECOPROGETTAZIONE, 2021, Piattaforma Italiana degli Stakeholder dell'Economia Circolare (ICESP), GRUPPO DI LAVORO 1 "Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione". Inoltre per le competenze di R&S per l' edilizia sostenibile e ciclo integrato dei rifiuti: ANTICIPAZIONE DEI FABBISOGNI PROFESSIONALI NELLA GREEN ECONOMY, INAPP-IRS, a cura di Ludovico Fioravanti e Maria Grazia Mereu

progetti di decarbonizzazione del prodotto anche riducendo e ottimizzando i componenti e i materiali;
- Supporta l' Internet of Things (IoT) e l'innovazione digitale per la collaborazione lungo la supply chain (fornitori-produttori-distributori-consumatori) nell'ottica della tracciabilità e monitoraggio di prodotti e risorse.

Nell'ambito della produzione, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce alla circolarità dei processi di produzione industriale e alla valutazione complessiva del sistema per la certificazione di carbon foot print e per le etichette di circolarità dei prodotti, considerando anche gli input e output energetici connessi allo sviluppo di prodotto;

Nell'ambito della distribuzione e consumo, in relazione al Circular Economy Manager, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce all'ideazione di nuovi modelli di business circolari e collaborativi, tenendo conto degli stakeholders e dei clienti (compliance, sharing, uso e riuso, ecc.).

Nell'ambito del riciclo, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Supporta la gestione del trattamento delle materie prime critiche, emissioni, acque, rifiuti dell'azienda, in relazione a impianti di trattamento interni e presso terzi (es. miniere urbane).

R&D MANAGER E ENERGY MANAGER

Nell'ambito della progettazione, in relazione al Manager dell'Energia, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce alla scelta di tecnologie per lo sviluppo di impianti a migliore prestazione energetica;

Nell'ambito della produzione, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce agli audit energetici del processo di sviluppo di prodotti alimentato da rinnovabili, al fine di soddisfare standard, certificazioni di sostenibilità.

R&D MANAGER E INNOVATION MANAGER

Nell'ambito della progettazione, in relazione all'Innovation manager, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce alla comprensione e diffusione della conoscenza sulle tecnologie abilitanti l'economia circolare, favorendo lo sviluppo di smart community ed ecosistemi di innovazione, attraverso la creazione di modelli di collaborazione innovativa;
- Contribuisce alla diffusione della cultura degli standard, in particolare le attività UNI, ISO e CEN sull'economia circolare, ricerca e sviluppo responsabili, valutazione etica, gestione dell'innovazione.

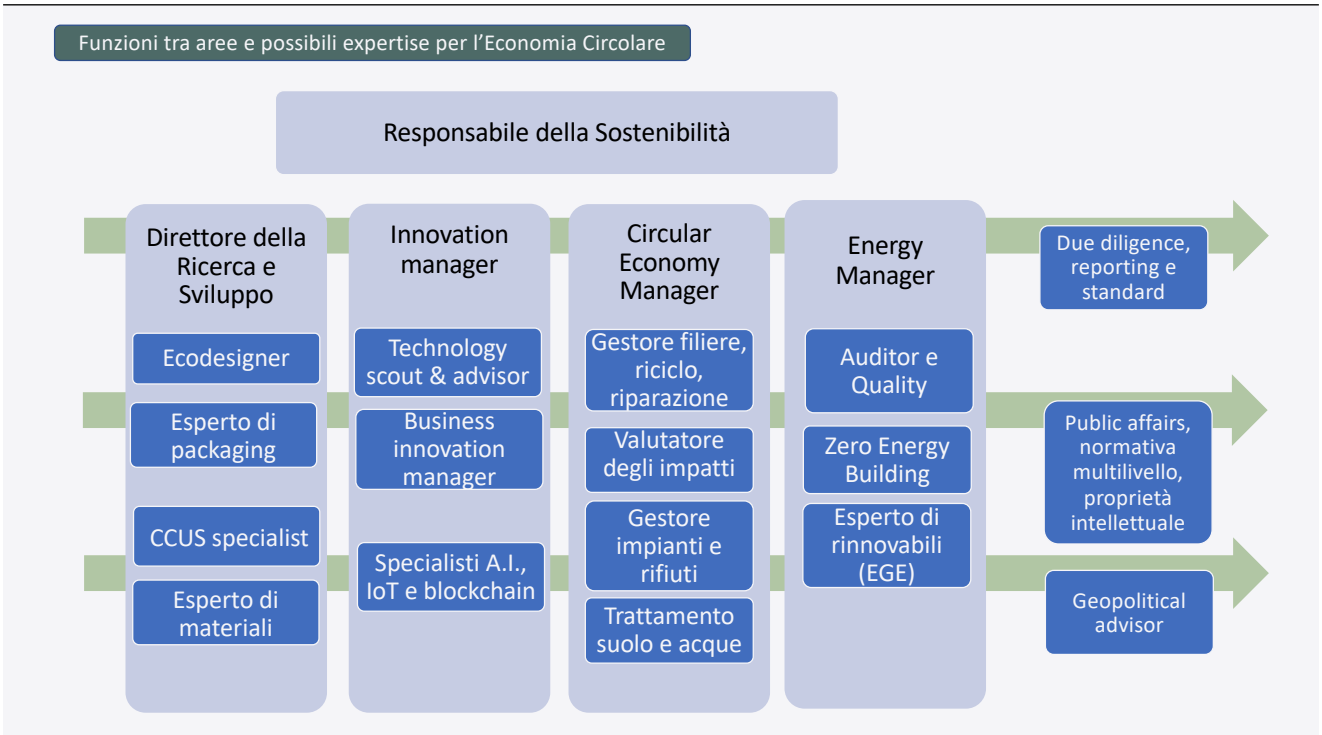
Nell'ambito della distribuzione e consumo, il manager della Ricerca e Sviluppo:
- Contribuisce all'ideazione di nuovi modelli di business circolari e collaborativi, anche attraverso la compliance a standard, assessment, certificazioni che conferiscono affidabilità e fiducia nella gestione circolare della ricerca, sviluppo e innovazione.

COMPETENZE A CONFRONTO

È possibile leggere in modo funzionale i contributi che l'area della Ricerca e Sviluppo può dare direttamente o indirettamente alle altre aree coordinate nel quadro della Sostenibilità.
L'esercizio permette di evidenziare a titolo di esempio alcune figure più specialistiche o più tecniche di essenziale supporto alle aree di riferimento delle Direzioni, figure che condividono una visione sistemica e attenta al fattore umano (user centric) [35].

35 Le figure evidenziate ovviamente sono esemplificative e non esaustive del panorama di professionalità, direzionali ed executive in cui è possibile scomporre il mosaico delle competenze dell'economia circolare. Ad esempio una professionalità potrebbe essere spacchettata in più figure specialistiche, quali esperti in responsabilità estesa del produttore e/o dell'informazione certificata, progettisti delle mappe di filiera e tecnici della circolarità, con competenze in chimica o nel digitale a seconda della funzione. Possiamo considerare, a titolo di esempio, un ampio ventaglio di professioni tecniche di supporto, delineate dal report INAPP già citato e dai rapporti di Randstad research "Competenze per il lavoro del futuro nell'economia circolare. Skill e conoscenze green" e "Le

FUNZIONI TRA AREE E POSSIBILI EXPERTISE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE



1. ECOPROGETTAZIONE

a. Nell'area della R&S alcune figure di ricercatori e tecnici, come l'Ecodesigner e l'esperto di packaging, si occupano di studiare e progettare prodotti e servizi sostenibili in collaborazione con alcune figure dell'area Innovation specializzate nello scouting tecnologico e nell'innovazione del modello di business;

b. Queste figure con ampie competenze tecnologiche si interfacciano a professionalità verticali nella gestione delle filiere, sia in entrata nella valutazione degli impatti sul sistema produttivo che in uscita, con feed back da fornitori e clienti;

c. A completare il quadro della progettazione si inseriscono figure tecniche specializzate nell'audit energetico e impiantistica che lavorano nell'ottica di risparmio energetico.

2. RIDUZIONE DELLA CO2 E MATERIALI

a. Ricercatori esperti in cattura, stoccaggio ed utilizzo di anidride carbonica, e altri esperti di materiali, incluse materie prime critiche, collaborano con figure con spiccate competenze digitali e di computer science per tracciare lo sviluppo di una filiera di

duecento e più professioni dell'economia circolare" del 2021. Tra queste figurano in particolare i seguenti tecnici di sicuro interesse per la R&S per l'economia circolare: tecnici chimici, tecnici del risparmio energetico ed energie rinnovabili, tecnici della produzione di energia termica ed elettrica, tecnici del controllo ambientale, tecnici della raccolta e trattamento dei rifiuti e della bonifica ambientale, operatori di impianti di recupero e riciclaggio dei rifiuti, tecnico di gestione delle filiere, tecnici del packaging, addetti alla logistica, tecnici di impianti di riciclo, tecnici 3D, tecnici digitali del circolare,
tecnici per il recupero delle materie prime, tecnici dello smart manufacturing, tecnici del riciclo, tecnici della gestione del suolo, tecnici della simbiosi industriale.

prodotto in ottica circolare;
b. La collaborazione con il manager degli impianti di raccolta e trattamento dei rifiuti, del suolo e delle acque, garantisce la tracciabilità e la valorizzazione delle risorse di produzione e degli scarti (CO_2 e materie seconde);
c. Il potenziale aiuto di tecnici esperti in rinnovabili può anche suggerire la simbiosi con impianti di energia prodotta con rinnovabili.

3. ANALISI PREVISIONALE E VALUTAZIONE SOCIO-ECONOMICA

A fianco di queste ibridazioni è anche possibile evidenziare quell'expertise trasversale e consulenziale attinente a figure professionali che operano nella:
a. Garanzia di due diligence e compliance per la reportistica non finanziaria;
b. Monitoraggio normativo multilivello e aggiornamento, proprietà intellettuale;
c. Consulenza geopolitica e scenario internazionale.

Stiamo delineando un possibile idealtipo attuabile per grandi realtà produttive ma, grazie alla simbiosi industriale e all'integrazione delle filiere, anche le aziende medio piccole possono essere accompagnate verso processi di innovazione molto avanzati e beneficiare della trasformazione.
Le fasi di apertura e chiusura dei cicli in particolare, che richiedono meccanismi stringenti di approvvigionamento e la messa in rete di materie prime e seconde all'interno di processi di riciclo e riutilizzo, impone un sostegno rilevante alla cooperazione di filiera tra grandi aziende, PMI, centri di ricerca pubblici e privati, in ottica di logistica innovativa e advanced manufacturing[36].

Come già ampiamente affermato nel primo working paper AIRI sulle nuove competenze Digitali e Green nella Ricerca e Sviluppo Industriale, si tratta di figure con competenze tecnologiche multidisciplinari che, oltre le specifiche specializzazioni STEM, sono capaci di spaziare concettualmente in altri campi, dal digitale alla chimica, dall'energia all'ambiente, dalla normazione alla gestione. Si può dire in via generale che ai Direttori della R&S e ai Ricercatori industriali, oltre alle specifiche competenze STEM, è richiesta una conoscenza generale dei constraints tecnico/normativi in ambito ambientale, un potenziamento delle capacità di eco design di prodotto e processo, anche attraverso la lettura di dati e l'utilizzo di tool digitali di progettazione.
Occorre anche considerare che la capacità delle organizzazioni di innovarsi è influenzata ampiamente da fattori percettivi ed emotivi individuali. Questi sono collegati al disorientamento post-pandemico e all'incertezza provocata dalle recenti crisi sistemiche internazionali. La doppia transizione, green e digitale, si innesta infatti in un quadro di disordine internazionale davanti al quale il manager e il ricercatore possono rispondere utilizzando le risorse attivate con opportune soft skill, alimentando in azienda una cultura del feed-back[37].

36 Il PNRR ha tra suoi obiettivi il potenziamento della filiera del riciclo delle materie prime seconde, soprattutto all'interno della Missione 2: Rivoluzione verde e transizione ecologica, cui sono dedicati complessivamente 59,46 miliardi di euro. Sul tema della gestione dei rifiuti i progetti "faro" di economia circolare" e la "realizzazione di nuovi impianti di gestione rifiuti e ammodernamento di impianti esistenti", muovono risorse per 2 miliardi e 100 milioni di euro. Entro il 2026 si prevede di mettere in piedi alcune strutture all'avanguardia per lo smaltimento di rifiuti provenienti da filiere strategiche, (RAEE, carta, tessili, plastica, fotovoltaico e eolico).

37 La dinamica è stata traslata nel cosiddetto modello di percezione del mondo chiamato BANI (fragile-ansioso-non lineare-incomprensibile) che, superando il precedente VUCA (volatile-incerto-complesso-ambiguo), sposta il punto di vista dall'organizzazione all'individuo. Pur essendo complementari, uno oggettivo e l'altro soggettivo, il modello BANI individua maggiormente nelle soft skills le risorse funzionali alla gestione del cambiamento.
Alla sensazione di fragilità, ovvero la percezione della catastrofe, è possibile bilanciare la consapevolezza che il sistema possa evolvere anche con le sue rotture di simmetria; allo stile ansioso che può influire sulle decisioni, può affiancarsi la creatività che si manifesta nella predisposizione al cambiamento; al concetto non lineare possiamo affiancare un pensiero circolare e rigenerativo; al senso di incomprensibilità possiamo rispondere con la multidisciplinarietà, la lettura dei dati e il pensiero critico.

FIGURE PROFESSIONALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE	PRINCIPALI COMPETENZE STEM DI SETTORE	COMPETENZE SPECIALISTICHE	PRINCIPALI COMPETENZE NET ZERO
DIRETTORE DELLA R&S	Ingegneria Chimica Materiali Energia Farmaceutica e Biotecnologie Informatica	Comprendere la gestione delle nuove tecnologie di settore, l'automazione, l'innovazione Metodologie di gestione di progetti di R&S Standard CEN, ISO, UNI e compliance normativa Controllo qualità Relazione con gli stakeholders e open Innovation Brevettazione Analizzare e valutare informazioni e dati Principi di computer science	Tecnologie per la sostenibilità Principi di ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Materiali e ciclo di vita Riduzione della CO2, carbon foot print ed etichettatura Responsabilità estesa del produttore Concepire un prodotto come servizio Approccio user-centric

FIGURE PROFESSIONALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE	PRINCIPALI COMPETENZE STEM DI SETTORE	COMPETENZE SPECIALISTICHE	PRINCIPALI COMPETENZE NET ZERO
INNOVATION MANAGER	Ingegneria Informatica Economia	Tecnologie abilitanti e modelli di business dell'innovazione Sistemi di gestione dell'innovazione Modelli organizzativi per l'innovazione Normazione sui sistemi di gestione Metodi e strumenti di divulgazione e formazione Comprensione dell'ecosistema esterno di innovazione Tecniche e strumenti di raccolta di dati e sviluppo di conoscenza Principi di computer science	Tecnologie per la sostenibilità Nuovi modelli circolari di business Principi di ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Responsabilità estesa del produttore Elementi di sostenibilità e responsabilità sociale Sviluppo di smart community ed ecosistemi di innovazione Design thinking, big data IoT, Blockchain
CIRCULAR ECONOMY MANAGER	Ambiente Ingegneria Chimica Materiali Energia	Standard e norme, ciclo di vita dei materiali e materie prime e seconde Recupero terre rare e materiali Riduzione della CO2 nell'ambiente e nel ciclo di produzione Standard CEN, ISO, UNI e compliance normativa Analizzare e valutare informazioni e dati Principi di computer science	Ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Comprensione degli impianti di trattamento Carbon foot print ed etichettatura Responsabilità estesa del produttore Tracciabilità e monitoraggio di prodotti e risorse

FIGURE PROFESSIONALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE	PRINCIPALI COMPETENZE STEM DI SETTORE	COMPETENZE SPECIALISTICHE	PRINCIPALI COMPETENZE NET ZERO
RESOURCE MANAGER	Ambiente Ingegneria Chimica Materiali Energia Scienze statistiche	Uso efficiente delle risorse e strategie di chiusura dei cicli produttivi Standard e norme, ciclo di vita dei materiali e materie prime e seconde Recupero terre rare e materiali Standard CEN, ISO, UNI e compliance normativa Analisi, elaborazione e valutazione di informazioni e dati Principi di computer science	Ecodesign, economia circolare, uso efficiente delle risorse, efficienza delle risorse Comprensione degli impianti di trattamento Responsabilità estesa del produttore Tracciabilità e monitoraggio di prodotti e risorse
ENERGY MANAGER	Ambiente Ingegneria Chimica Materiali Energia	Conoscenza delle energie da fonti rinnovabili Standard e certificazioni Tecnologie e sistemi per la migliore prestazione energetica degli impianti Audit energetici di processo e di prodotto Principi di computer science	Comprensione degli impianti, reti e relazione con trattamento dei rifiuti Ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Riduzione della CO2, carbon foot print ed etichettatura Tracciabilità e monitoraggio di prodotti e risorse
RESPONSABILE DELLA SOSTENIBILITA'	Ambiente Ingegneria Chimica Materiali Energia Economia	Indirizzi ESG Compliance normativa e standard Comunicazione esterna e interna, relazione con gli stakeholders Principi di geopolitica	Due diligence Responsabilità estesa del produttore Principi di ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Mercati, fornitori, materiali

FIGURE PROFESSIONALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE	PRINCIPALI COMPETENZE STEM DI SETTORE	COMPETENZE SPECIALISTICHE	PRINCIPALI COMPETENZE NET ZERO
ECODESIGNER ESPERTO DI PACKAGING SPECIALISTA CCUS ESPERTO DI MATERIALI	Ambiente Ingegneria Chimica Materiali Energia åß	Comprendere le nuove tecnologie di settore, l'automazione, l'innovazione Metodologie di gestione di progetti di R&S Standard CEN, ISO, UNI e compliance normativa Controllo qualità Analizzare e valutare informazioni e dati Principi di computer science	Tecnologie per la sostenibilità Ecodesign, economia circolare, efficienza energetica Materiali e ciclo di vita Riduzione della CO2, carbon foot print ed etichettatura Concepire un prodotto come servizio Approccio user-centric Strumenti digitali per la progettazione

RACCOMANDAZIONI PER LA FORMAZIONE DI COMPETENZE DEL PERSONALE DELLA R&S NELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Le aziende e le amministrazioni pubbliche stanno cominciando a ricercare profili professionali con competenze dirette a gestire l'impronta ambientale dei processi produttivi, mossi da un compendio di norme che introducono standard e prassi precise, ma anche da potenzialità di innovazione che possono implicare più efficienza e risparmi.

Tra il 2020 e il 2022 gli annunci di lavoro on line legati strettamente alle professioni ambientali offrono un quadro delle tendenze emergenti nelle imprese: sono richiesti soprattutto profili nel riciclo dei rifiuti (con più del 70% degli annunci), seguiti (oltre il 30%) da ingegneri ambientali, tecnici del controllo del processo di produzione e (sotto la soglia del 25%) ingegneri elettrici, tecnici delle scienze chimiche e fisiche, specialisti in protezione ambientale, dirigenti nel settore ricerca e sviluppo e dirigenti dell'edilizia, che nel complesso lasciano trasparire "un ruolo cruciale nella transizione dall'economia lineare a quella circolare"[38].

Riteniamo che il campo della formazione di competenze green, ed in particolare nella R&S dell'economia circolare, possa rappresentare un terreno fertile di nicchia per la sperimentazione di buone prassi e pratiche innovative di formazione, utili per costruire un sistema progettuale e qualitativo ispirato alla roadmap normativa europea di decarbonizzazione al 2030.

Per queste ragioni in questo paragrafo vengono indicate in modo sintetico alcune raccomandazioni generali per gli Enti pubblici e le Università che intendano:

1. **introdurre personale qualificato** nello sviluppo di progetti di ricerca nell'ambito dell'economica circolare;
2. **attivare percorsi curriculari** – di formazione

38 Per approfondimenti la lettura di Confindustria delle elaborazioni Cedefop su dati WIH-OJA in "Domanda di competenze e transizione ecologica" e "Formarsi tutti, formarsi sempre. Un sistema di formazione di massa
per la qualità e la produttività dei lavori", Rivista di politica economica. L'impresa delle competenze. I nuovi saperi e il lavoro, 1-2023

terziaria e dottorale (Phd) – nell'ambito dell'economia circolare ed inoltre per lo sviluppo di **percorsi formativi rivolti alle aziende,** per il **reskilling del personale tecnico e di ricerca, l'upskilling del management**.

1. In ambito accademico, oltre a favorire l'attivazione di nuovi corsi di Laurea Triennale e Magistrale in Economia Circolare, occorre promuovere i percorsi già esistenti e attivare corsi post-lauream per la formazione di risorse e nuove figure professionali (es. resource manager, circular economy manager, specialista del mercato delle materie prime/seconde, etc.) a supporto di aziende e Pubbliche Amministrazioni.

Nel settore pubblico la formazione interna deve comprendere i temi del Green Public Procurement (e della relativa applicazione dei Criteri Minimi Ambientali - CAM) che rivestono un importante ruolo per incentivare il mercato verso una strategia circolare.

È quanto si può trarre come insegnamento dall'esperienza dell'ENEA in tema di conferimento di "assegni di ricerca" sui molteplici aspetti dell'economia circolare, a giovani studiosi, laureati in discipline STEM ma anche in materie socio-giuridico-economiche, di cui si riporta di seguito una matrice di sintesi.
Inoltre le partnership pubblico-privato possono favorire ulteriori possibilità di formazione qualificata nonché favorire gli approcci inclusivi tra diversi stakeholder e progredire sul tema dell'equità intergenerazionale[39].
Si citano ad esempio le borse di studio attivate nell'ambito del progetto "Training for Circularity" in cui un'azienda ha sponsorizzato 8 borse di studio da svolgere nei centri di ricerca ENEA sul tema economia circolare con focus sullo sviluppo di metodologie e tecnologie con approccio ecodesign, chiusura dei cicli e eco-innovazione nel settore delle apparecchiature elettriche ed elettroniche[40].
Altra tipologia di esperienza è costituita da premi per tesi di laurea, come ad esempio il bando ENEA CONAI "Bando per l'assegnazione di un premio per tesi di laurea magistrale sui temi dell'economia circolare". Azioni come queste possono promuovere lo sviluppo ed implementazione di tecnologie e metodologie per l'uso e la gestione efficiente delle risorse, l'eco-innovazione in ottica di Economia Circolare al fine di incentivare la formazione e la crescita delle competenze in tale settore, in un'ottica di sviluppo dei Green Jobs.

39 Vedasi studi e strumenti dell'Intergeneration foundation https://www.if.org.uk/research-posts/the-if-european-intergenerational-unfairness-index-2016/; approfondimenti di Alessandro Rosina in "Gli squilibri generazionali di un Paese che non cresce", pubblicato nel fascicolo monografico L'Italia dei divari «il Mulino», numero 4/2022, 520, a. LXXI; iniziative per favorire le interlocuzioni e il confronto sulle politiche che riguardano il mondo giovanile a livello europeo quali European Youth Forum e, in Italia, il Consiglio Nazionale dei Giovani.

40 Altre due borse di studio dello stesso progetto sono dedicate al green marketing e sono svolte presso il CDCA – Centro di Documentazione sui Conflitti Ambientali e la redazione della rivista online Economiacircolare.com

TEMATICHE DI ECONOMIA CIRCOLARE	COMPETENZE STEM	COMPETENZE GIURIDICHE, ECONOMICO-GESTIONALI TRASVERSALI
Bioeconomia circolare	Chimica e Tecnologie Farmaceutiche; Scienze biologiche; Chimica analitica, analisi microbiologiche; caratterizzazione di matrici agroalimentari; sicurezza alimentare; valorizzazione di scarti e sottoprodotti e caratterizzazione di packaging innovativo per la bioeconomia circolare.	Economia, Scienze politiche, Giurisprudenza, Sociologia e Psicologia. Basi delle politiche italiane ed europee sulla economia circolare; Valutazione costi-benefici; Sviluppare modelli di business innovation Elaborare indicatori per misurare gli impatti delle politiche (ex ante ed ex post); sviluppare modelli di business innovation da applicare all'uso efficiente delle risorse.
Metodologie, modelli, strumenti e banche dati per l'economia circolare	Ingegneria ambiente e territorio, ingegneria gestionale, ingegneria chimica, scienze ambientali, architettura; LCA, ecodesign, Block chain;	
Tecnologie e processi per il riciclo di materie prime da scarti produttivi e rifiuti in un'ottica di economia circolare	Lauree STEM. Sistemi di gestione e tecnologie di trattamento di rifiuti organici in ottica di economia circolare (RAEE, batterie, plastiche); criteri di dimensionamento degli impianti.	
Tecnologie e processi per il trattamento di acque reflue e fanghi di depurazione in ottica di economia circolare	Lauree STEM. Sistemi di gestione e tecnologie per trattamenti depurativi delle acque reflue; modellazione matematica;	
Valutazione di impatti e produttività economica per la creazione di modelli di business circolari e collaborativi	Architettura	

2. Nel settore privato è essenziale la formazione e la riqualificazione professionale attraverso dei percorsi di formazione tecnico-economica-finanziaria ad hoc, basata sulla consapevolezza nell'uso efficiente delle risorse, lo scambio di buone pratiche, l'accesso alle nuove conoscenze e all'eco-innovazione. Le specificità e vocazioni territoriali devono essere centrali anche nell'attivazione di corsi professionali sull'economia circolare.
Le maggiori aree di interesse per l'impresa sono: 1) product design e innovazione, 2) environmental management, 3) strategia di business e organizzazione aziendale, 4) gestione della supply chain e sostenibilità, 6) ecologia industriale ed economia ecologica.
In queste aree si inseriscono l'upskilling necessario al personale per affrontare le:

- Compliance normativa e di regolamento;
- Finanziamenti e Incentivi;
- Ciclo vita dei prodotti e relativo trattamento;
- Transizione Energetica ed Emissioni.

I consigli delineati di seguito per disegnare percorsi di formazione delle competenze del personale della R&S nell'economia circolare sono ispirati alle attività dirette di ENEA nel campo della formazione del personale esterno, e alla inclusione dell'economia circolare come tema coerente nei percorsi curriculari dell'Università di Pisa, nella terza missione e nella formazione per il reskilling del personale aziendale sul territorio.

RACCOMANDAZIONE 1 – INTERDISCIPLINARIETÀ E TERRITORIO

In termini generali possiamo suggerire che il reclutamento del personale e il potenziamento delle competenze in azienda comporti una maggiore **integrazione tra profili disciplinari** nell'ottica di favorire l'interdisciplinarietà per affrontare la "complessità delle relazioni tra i fenomeni" inerenti l'economia circolare.

Sicuramente **Green e Digital** sono due grandi aree di interrelazione sulle quali poter costruire una matrice tra competenze STEM e competenze giuridico-economico-gestionali. Inoltre le Università possono svolgere un ruolo chiave per offrire percorsi formativi alle aziende del territorio grazie alla **conoscenza dei settori industriali** di riferimento nella filiera regionale proponendo loro occasioni di formazione legati a progetti di ricerca di distretto (ad esempio per studiarne gli indici di circolarità).

I professionisti dell' eco-innovazione vanno dotati di conoscenze e competenze adeguate in materia di efficienza energetica e delle risorse, in termini di nozioni di eco-compatibilità e ciclo dei rifiuti.

Tutti coloro che si occupano di progettazione dovrebbero acquisire competenze specifiche in materia di eco-design, di ecocompatibilità e di economia circolare, nello specifico di metodologia Life Cycle Assessment.

Assieme alle competenze di carattere STEM sono necessarie nozioni di metodi delle scienze sociali (economico, giuridico e gestionale) e competenze informatiche a tutti i livelli, dai profili a più alta qualificazione fino ai tecnici.

Per questo è utile inserire tematiche ad hoc sull'economia circolare nei corsi di laurea, e offrire percorsi di specializzazione attraverso master e dottorati dedicati al tema.

RACCOMANDAZIONE 2 – SOFT SKILLS E CO-PROGETTAZIONE

L'innovazione ha bisogno di nuove forme di educazione e comunicazione, inclusive di percorsi di co-progettazione, ad esempio attraverso hackathon tematici, che simulino modalità e progetti per favorire un coinvolgimento partecipativo dei consumatori, ma in generale di tutti gli stakeholders, alla costruzione di prodotti e processi circolari. Queste attività progettuali aiutano il potenziamento di quelle soft skills (creatività, network, lavorare in gruppo, facilitazione, design thinking) necessarie ad accompagnare i processi di cambiamento organizzativo.

RACCOMANDAZIONE 3 – OPEN SCIENCE

L'accesso alle infrastrutture e piattaforme pubbliche di ricerca, da parte di imprese, giovani ricercatori e cittadinanza, si inserisce nel più ampio concetto di scienza aperta basata su partnership ed engagement, dialogo fra ricercatori, cittadini e policy makers, favorendo processi di partecipazione attiva e progetti di citizen science e crowdsourcing.

Le Università possono perciò incentivare la cultura della sostenibilità sia internamente alle proprie strutture organizzative, inserendo ad esempio una figura dirigenziale preposta, sia esternamente attraverso la partecipazione a lavori con terzi per elaborare buone pratiche e fertilizzare il terreno della progettualità congiunta.

RACCOMANDAZIONE 4 – DIALOGO INTERGENERAZIONALE

Rafforzare il dialogo intergenerazionale per favorire il confronto e la possibilità di continuità dei percorsi didattici-professionali. Il confronto che si realizza tramite collaborazioni tra pluralità di soggetti, impegnati nella transizione circolare, offre l'occasione per favorire l'identificazione di barriere che contribuiscono a perpetuare gli squilibri generazionali, specialmente in situazioni di vulnerabilità, in cui più barriere determinate da fattori strutturali accentuano la distanza tra le giovani generazioni e il conseguimento di obiettivi, in questo caso formativi e professionali.

Lo sviluppo di competenze tramite partnership pubblico-private può essere importante in tal senso e può creare opportunità di placement in aziende per "giovani" laureati con l'entusiasmo di poter agire e dare il proprio contributo all'uso efficiente delle risorse, alla lotta al cambiamento climatico, a nuovi modelli economici basati su cambiamenti di comportamenti e stili di vita, approccio partecipativo ed inclusivo. Percorsi di questo tipo devono anche utilizzare forme di dialogo e comunicazione innovativi per poter supportare una ampia divulgazione con basi tecnico-scientifiche.



Casi di studio

ECO & SAFETY DESIGN: UN APPROCCIO INTEGRATO ALLA DECARBONIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE E ALLO SVILUPPO CIRCOLARE DI PRODOTTO NELLA FILIERA DEI TRASPORTI, PIRELLI

1. INTRODUZIONE: LA DECARBONIZZAZIONE NEL SETTORE DEI TRASPORTI E DELL'AUTO IN EUROPA

L'azione normativa europea in ambito di decarbonizzazione è tracciata dal progetto 'Fit For 55', il cui obiettivo è la riduzione entro il 2030 delle emissioni di gas serra per raggiungere la *carbon neutrality* entro il 2050. Il segmento dei trasporti contribuisce a circa un quarto delle emissioni totali, assorbendo il 30% della domanda di energia consumata in Europa, di conseguenza questo settore è centrale vista alche la magnitudo delle implicazioni su diverse filiere industriali.
Ad inizi del 2023 il Parlamento europeo ha quindi approvato una serie di obiettivi vincolanti che puntano alla riduzione delle emissioni di CO_2 generate dalle autovetture e dai veicoli commerciali leggeri, di fatto inibendo a partire dal 2035 la vendita di veicoli con motori termici alimentati a benzina e diesel. Il provvedimento ha evidentemente l'obiettivo di stimolare sin da subito la produzione di veicoli a basse emissioni, incentivando di conseguenza i produttori di veicoli a sviluppare tecnologie innovative, che supportino la transizione verso modelli di mobilità sostenibile.
L'industria automobilistica ha reagito a questo filone normativo sollevando scetticismo sulla realizzabilità degli obiettivi fissati dal legislatore europeo, anche a fronte delle difficoltà riscontrate negli ultimi anni nell'approvvigionamento di componentistica e materiali necessari per sostenere la transizione energetica verso motori elettrici alimentati a batteria. Peraltro, ulteriori elementi critici che rendono i produttori di auto titubanti su target e tempistiche indicati nella normativa sono i prezzi delle auto elettriche, che restano significativamente superiori a quelle a tradizionali, nonché la disponibilità di una rete di distribuzione delle colonnine di ricarica sufficientemente capillare.
Va inoltre considerato l'impatto sociale generato dalla transizione all'elettrico in quanto le nuove tecnologie richiedono una minore forza lavoro, il che porterà di conseguenza al coinvolgimento delle parti sociali nella gestione dei relativi impatti nel mercato del lavoro.

La discussione su questi aspetti è tuttora in corso, e potrà avere effetti decisivi sulle ambizioni dell'industria automobilistica e dei trasporti europea e sulle dinamiche competitive con aziende che operano in altre aree geografiche, che non hanno ancora visto l'introduzione di misure stringenti in questi ambiti.
[fonte: Atlante - www.treccani.it]

2. L'APPROCCIO PIRELLI ALL'ECONOMIA CIRCOLARE

Nell'ambito della Strategia di "*Eco & Safety Design*" di Pirelli, un ruolo determinante è appresentato dalla continua attenzione alla definizione ed implementazione di soluzioni sempre più circolari.
In tale contesto, Pirelli ha sviluppato un proprio approccio all'Economia Circolare che si basa sul ripensare (*Re-Think*) il modo in cui sono sviluppati i prodotti, i processi ed i servizi, con l'obiettivo di ottenere prestazioni sempre più elevate, ridurre continuamente gli impatti ambientali e tutelare la sicurezza e la salute delle persone.

Il *Re-Think* è supportato dagli altri quattro impegni dell'approccio 5R di Pirelli:

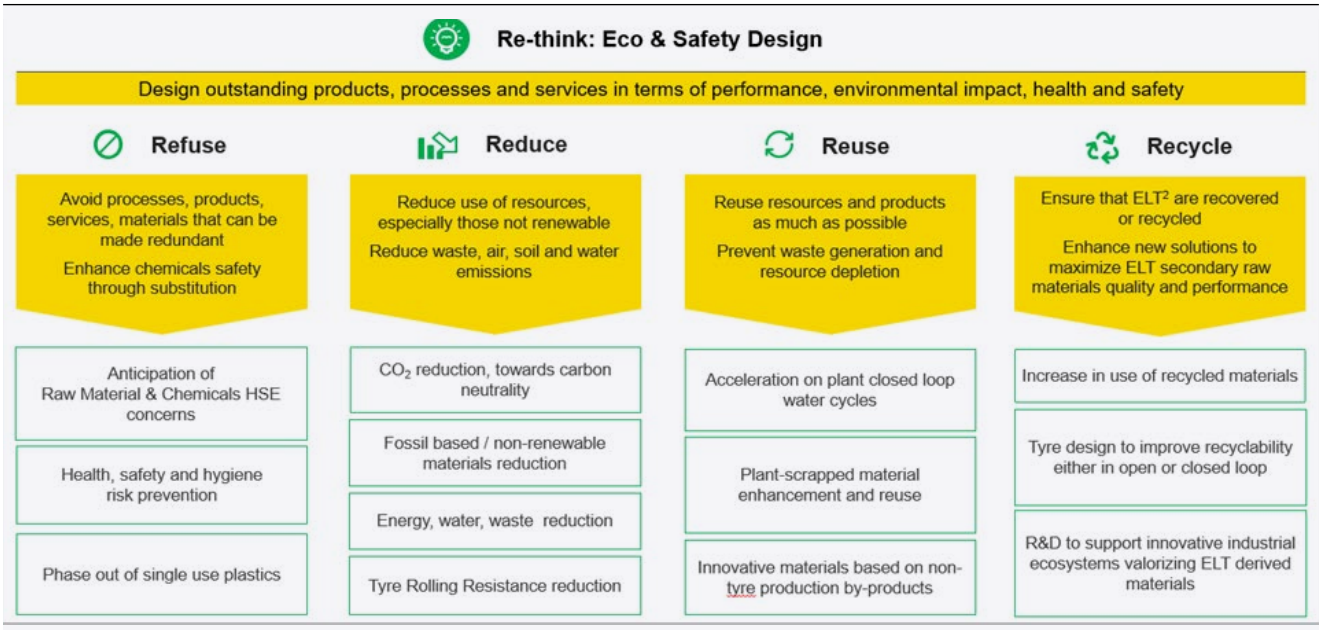
- ***Refuse***: evitare processi, prodotti, servizi e materiali che sono ridondanti, promuovendo al contempo un aumento della sicurezza dei prodotti utilizzati, mediante la sostituzione di quelli non considerati idonei, in ottica preventiva e anche oltre i requisiti legislativi;
- ***Reduce***: ridurre l'utilizzo delle risorse, in particolare quelle non rinnovabili, sia in termini di vettori energetici e risorse naturali, sia di materie prime, con l'obiettivo di diminuire l'*environmental footprint* del Gruppo anche in ottica di decarbonizzazione. Riduzione significa anche sviluppare pneumatici con resistenza al rotolamento sempre minore, in grado di contribuire alla riduzione dei consumi dei veicoli, così come processi produttivi in grado di utilizzare

sempre meno risorse e generare residui in quantità minori e sempre più facilmente riciclabili;

- ***Reuse***: massimizzare il riutilizzo di risorse e prodotti, compatibilmente con i livelli di qualità e sicurezza richiesti per i pneumatici, con l'obiettivo di prevenire la generazione dei rifiuti e il consumo non necessario di risorse, specialmente quelle non rinnovabili. Questo impegno si traduce, per esempio, nella progettazione di pneumatici con sempre maggiori contenuti di materie prime rinnovabili o riciclate;
- ***Recycle***: riciclare i residui derivanti dai processi produttivi, promuovendo per quanto possibile compatibilmente con i contesti in cui si opera, il recupero di materia e favorire il recupero degli pneumatici a fine vita, anche attraverso azioni di ricerca e sviluppo volte a massimizzare la qualità dei materiali derivanti dal recupero dei pneumatici a fine vita (PFU) sia per applicazione "*closed loop*" sia per impieghi in altre fasi della *value chain* mediante la promozione di ecosistemi industriali.

3. RICERCA E SVILUPPO

La ricerca e lo sviluppo di materiali innovativi è essenziale al fine di progettare e realizzare pneumatici "*Eco & Safe*" ovvero sempre più sostenibili, che garantiscano minori impatti ambientali lungo il relativo ciclo vita assicurando al contempo una maggiore sicurezza di guida.
A livello di materie prime, per le linee di prodotto selezionate, l'attuale Piano Industriale prevede un utilizzo crescente di materiali derivanti da fonti rinnovabili e riciclate, con l'obiettivo al 2025 di utilizzare oltre il 40% materiali rinnovabili, oltre 8% di materiali riciclati e di ridurre a meno del 40% l'impiego delle materie prime di derivazione fossile.
Pirelli ha all'attivo numerosi accordi di sviluppo in *partnership* con fornitori strategici (*Joint Development Agreement*), aventi in oggetto lo studio di nanotecnologie, nuovi polimeri, silici, plastificanti e resine che siano in grado di migliorare ulteriormente le caratteristiche degli pneumatici per resistenza al rotolamento, prestazioni a basse temperature, percorrenza chilometrica e tenuta su



[fonte: Pirelli Annual Report 2022 – Pirelli 2021-2022|2025 Industrial Plan]

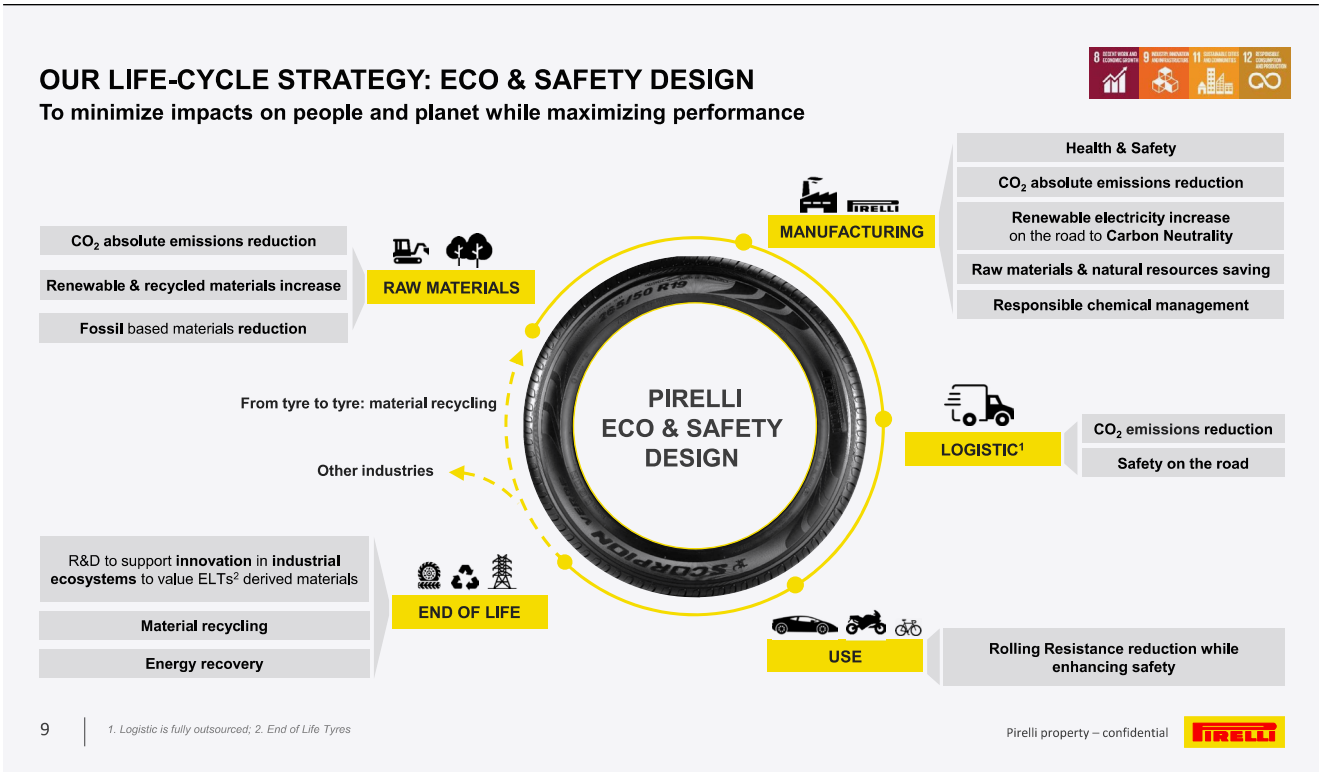
strada. Nel campo dei biomateriali, oltre all'introduzione di resine e plastificanti da origine naturale, Pirelli si è focalizzata sulla silice derivante dalla lolla di riso, ossia l'involucro esterno del grano di riso. Progetti specifici per lo sviluppo di nuovi materiali da fonte rinnovabile, prevalentemente focalizzati sull'uso di *feedstock* di scarto, sono oggetto dell'accordo quadro tra Pirelli, CORIMAV (Consorzio per le Ricerche sui Materiali Avanzati) e Università Bicocca.

La Ricerca e Sviluppo di Pirelli monitora costantemente le crescenti opportunità di utilizzo di materiali provenienti da riciclo: lo sviluppo di tecnologie innovative per la produzione di materiali da riciclo di pneumatici a fine vita (PFU), ne consente l'utilizzo in quote via via crescenti.

È costante la ricerca in ottica di efficienza sui materiali, che consente di diminuire i volumi acquistati, così come il peso del prodotto finito, con un rilevante impatto ambientale positivo lungo l'intero ciclo di vita del materiale e del prodotto. Continua inoltre è la ricerca volta a diversificare le possibili fonti di approvvigionamento della gomma naturale, per diminuire la pressione sulla biodiversità nei Paesi produttori e permettere all'Azienda di affrontare con maggiore flessibilità l'eventuale scarsità di materia prima. Contestualmente si consolidano partnership con fornitori di gomma naturale certificata *FSC* (*Forest Stewardship Council*).

Gli importanti investimenti aziendali in ricerca e sviluppo di materiali, mescole, strutture e disegni di battistrada, consentono al prodotto Pirelli di raggiungere altissime prestazioni in termini di frenata su asciutto e bagnato e, al contempo, migliori prestazioni ambientali, quali la diminuzione della resistenza al rotolamento, con conseguenti minori emissioni di CO_2;

A livello di Ricerca e Sviluppo, l'introduzione di processi



[fonte: Pirelli Annual Report 2022]

virtuali che utilizzano intelligenza artificiale
ha consentito una riduzione dei tempi di sviluppo del 30%, in termini di disegno ed industrializzazione dei materiali innovativi. Tali processi consentono, inoltre, la riduzione dei prototipi di materiali, con un conseguente risparmio di materie prime.
Gli pneumatici a fine vita rappresentano una fonte preziosa di risorse, attualmente già impiegate con ottimi risultati in diversi settori della catena del valore (come ad esempio in edilizia, infrastrutture, asfalti, manifattura di prodotti in gomma). Il 100% degli pneumatici prodotti e venduti da Pirelli possono essere destinati ad attività di recupero, sia di materia (riciclo) sia di energia.
Da anni Pirelli collabora attivamente con i principali enti di riferimento, promuovendo l'identificazione e lo sviluppo di soluzioni volte a valorizzare e favorire il recupero sostenibile dei pneumatici a fine vita, condivise con i vari *stakeholder* e fondate sul modello della *circular economy*.

4. SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE E PERFORMANCE AMBIENTALI DI FABBRICA

Pirelli si è data una *roadmap* di decarbonizzazione in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi e punta a zero emissioni nette di CO_2 entro al massimo il 2050 lungo l'intera catena del valore. A tal fine l'Azienda è attiva su più fronti, tra i quali figurano:

- investimenti in efficienza energetica dei processi e l'approvvigionamento del 100% di energia elettrica da fonti rinnovabile entro il 2025;
- l'impegno a raggiungere la neutralità carbonica di Gruppo entro il 2030;
- l'ingaggio dei fornitori più impattanti affinché abbattano le proprie emissioni;
- l'innovazione di prodotto volta a garantire livelli di efficienza energetica sempre maggiori.

Tutti i siti produttivi di Pirelli sono dotati di Sistemi di Gestione Ambientale e certificati in accordo allo Standard Internazionale ISO 14001, parte della *Policy* ambientale di Pirelli.
Il monitoraggio delle performance ambientali di ogni sito produttivo è operato attraverso il sistema di gestione informatico *Health, Safety and Environment Data Management* (HSE-DM), elaborato e gestito centralmente dalla Direzione Salute, Sicurezza e Ambiente.
L'attuale Piano Industriale, in attuazione della strategia di decarbonizzazione adottata dall'azienda,
prevede di ridurre del 42% le emissioni assolute di CO2 del Gruppo entro il 2025 rispetto ai valori 2015. Questi obiettivi hanno ricevuto la validazione da parte del *Science Based Targets initiative* (SBTi). A supporto dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas climalteranti, Pirelli ha definito un "Piano d'Azione *Carbon*" con l'obiettivo di ricorrere in modo crescente a fonti energetiche rinnovabili attraverso progetti specifici, facilitando la transizione dell'azienda verso fonti energetiche *low carbon*.
Al fine di conseguire una riduzione del 10% del consumo specifico di energia entro il 2025, rispetto ai valori 2019, Pirelli ha implementato un piano di efficienza energetica in tutti gli stabilimenti del Gruppo, caratterizzato da azioni volte a:

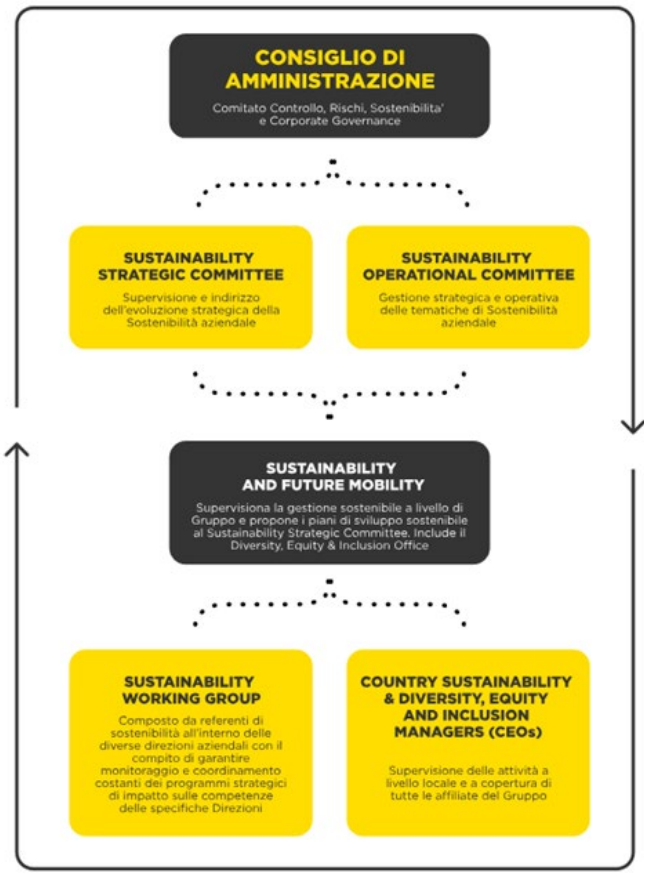
- migliorare ed accelerare la digitalizzazione dei sistemi di gestione dell'energia
- disegnare una piattaforma globale finalizzata alla generazione di indicatori tecnici e al miglioramento continuo anche attraverso l'utilizzo di strumenti di intelligenza artificiale;
- ottimizzare l'approvvigionamento di risorse energetiche, dirette o indirette;
- migliorare la qualità della trasformazione dell'energia e l'efficienza di impianti di distribuzione e di produzione;
- recuperare l'energia per utilizzi secondari ed applicare piani mirati di manutenzione, al fine di ridurre gli sprechi energetici.

Azioni ed investimenti per efficienza energetica affiancano la valutazione degli impatti ambientali ai
criteri di sostenibilità economica normalmente applicati a tutti i progetti di Pirelli. Le aree tecniche di
intervento riguardano sia tematiche tradizionali applicate a ogni ambito industriale (come l'aggiornamento

dell'isolamento termico, la manutenzione degli impianti di distribuzione, l'utilizzo di
tecnologie con *inverter*, l'implementazione di sistemi di controllo ottimizzati) sia progetti speciali valutati secondo le esigenze di ogni sito produttivo.
[fonte: Pirelli Annual Report 2022]

5. L'EVOLUZIONE ORGANIZZATIVA E L'EMERGERE DI NUOVE COMPETENZE PER SUPPORTARE LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

L'evoluzione strategica della Sostenibilità di Gruppo è affidata allo *Strategic Committee* Sostenibilità composto dal *Top Management* dell'Azienda in rappresentanza di tutte le responsabilità organizzative e funzionali.
Lo *Strategic Committee* Sostenibilità è affiancato da un *Operational Committee* Sostenibilità con competenza sulla direzione strategico-operativa delle tematiche di Sostenibilità del Gruppo, ivi incluse tra l'altro le tematiche di *climate change* e decarbonizzazione, riduzione degli impatti ambientali di prodotto e processo e sostenibilità della catena di fornitura.



La struttura organizzativa si compone quindi di una Direzione *Sustainability & Future Mobility* che presidia la gestione a livello di Gruppo e propone i piani di sviluppo sostenibile allo *Strategic Committee* Sostenibilità. Nella Direzione *Sustainability & Future Mobility* operano il *Group Sustainability and Diversity Officer*, il *Decarbonization Officer*, il *Future Mobility Officer* ed il *Product Stewardship Officer*. La Direzione si avvale del supporto:

- di un *Sustainability Working Group* formato da referenti di sostenibilità all'interno delle diverse Direzioni aziendali centrali al fine di garantire un costante presidio e coordinamento dei programmi strategici di impatto sulle aree di competenza delle specifiche funzioni;
- dei *Country Sustainability and Diversity Managers* per il presidio delle attività a copertura di tutte le affiliate del Gruppo. Il ruolo di *Country Sustainability Manager* è ricoperto dai CEO di Paese, che si avvalgono di loro diretti riporti per la gestione operativa dei piani di Paese.

La figura del *Decarbonization Officer* è fondamentale al fine sviluppare le iniziative di *value-chain carbon reduction*, proponendo i *target* e presidiando il monitoraggio dei progressi aziendali verso il raggiungimento dell'obiettivo di "*Net Zero*". Le competenze richieste dal ruolo comprendono metodologie e strumenti specifici, con una visuale di intervento che abbraccia conoscenze ad ampio spettro in ambito energetico (dinamiche del settore energetico, metodologie di efficienza energetica), regolamentativo, filiere del valore e strumenti di *assessment* dell'impatto emissivo (*life cycle analysis, carbon risk assesment*).
La costituzione del *Sustainability Working Group* è invece testimone della pervasività delle tematiche in ambito, anche all'interno delle diverse funzioni aziendali, che si

sono di conseguenza strutturate definendo nuovi ruoli e sviluppando nuove competenze, funzionali ad esempio allo sviluppo delle iniziative specifiche relative alla decarbonizzazione del *footprint* aziendale e della *value-chain*.
In ambito *Research & Development* questo modello organizzativo ha visto lo sviluppo di competenze specifiche all'interno delle diverse strutture, come ad esempio:

- **Area Materiali**: identificazione di figure dedicate alla ricerca e sviluppo di materiali innovativi, rinnovabili e reciclati, tramite l'utilizzo di silici ad alta dispersione, nuove tecnologie applicate allo sviluppo di polimeri ed elementi di origine biologica. Grazie a queste innovazioni vengono garantiti, da un lato l'utilizzo di materiali sostenibili e riciclati al termine del ciclo di vita del prodotto e, dall'altro, il miglioramento delle *performance* del pneumatico in termini di sicurezza, resistenza al rotolamento e percorrenza chilometrica, contribuendo pertanto alla riduzione dei consumi di carburante e della relativa emissione di CO_2, o, nel caso di auto elettriche, alla riduzione dei consumi delle batterie

- **Area Prodotto**: inserimento di figure con competenze in ambito *vehicle dynamics*, *mathematical models* e *modeling* che, tramite la virtualizzazione, consento di realizzare nuovi prodotti riducendo considerevolmente i tempi di sviluppo e, al contempo, andando ad abbattere l'utilizzo di materie prime e le attività di *testing* presso i diversi *proving ground* funzionali alla fase di prototipizzazione, contribuendo in tal modo a ridurre l'impatto ambientale generato da tali attività. Fondamentale è inoltre la capacità di interpretare ed utilizzare le metodologie di "*Life Cycle Assessment*" quali strumenti predittivi degli impatti legati al ciclo di vita del prodotto, dai materiali utilizzati sino al fine vita, in modo da utilizzare le analisi per disegnare nuovi prodotti nel segno della massima efficienza ambientale.

- **Area Processi e Macchinari**: la trasformazione digitale che accompagna l'implementazione di soluzioni *IIoT* fornisce nuove opportunità in termini di riduzione dell'impatto ambientale delle *operations*. Tramite sensori installati sui macchinari è ora possibile monitorare in *real time* parametri quali il consumo energetico e la generazione di scarto delle diverse fasi produttive, abilitando quindi l'identificazione e l'implementazione immediata di azioni correttive volte ad ottimizzare il funzionamento degli impianti o sostituire gli impianti attuali con soluzioni maggiormente sostenibili. Pertanto, l'introduzione di nuove figure professionali esperte in analisi dati, sviluppo di algoritmi e digitalizzazione dei processi consentono di perseguire azioni di miglioramento volte a ridurre consumi energetici nonché consumi anomali di materiali. Al fine di perseguire gli obiettivi di decarbonizzazione, Pirelli si è inoltre dotata nel corso degli anni di una struttura focalizzata sui progetti di efficienza energetica: ingegneri esperti in analisi degli indicatori di consumo, efficientamento e recupero termico, produzione di energia rinnovabile ed isolamento termico, sviluppano continuamento studi di fattibilità e progetti volti a sostituire le fonti energetiche tradizionali (basate su idrocarburi) con fonti di produzione termica/elettrica rinnovabile, quali ad esempio idrogeno, bio-gas, geotermico, eolico, idroelettrico e fotovoltaico.

- **Area Regolamentazione e Standard**: un ulteriore ambito di evoluzione organizzativa impattato dai piani di decarbonizzazione è quello relativo alla regolamentazione ed alla normativa che il legislatore (nazionale o internazionale) e i diversi enti certificatori emanano con specifico riferimento alle emissioni di CO_2, e che integra eventuali *target* definiti in autonomia dalle aziende. La proliferazione di norme e standard in questo ambito ha portato Pirelli a dotarsi di una struttura che, interagendo con associazioni di categoria ed enti e con le strutture interne di *Research & Development*, monitora

costantemente l'evoluzione normativa, fornendo *input* a tal riguardo alle diverse funzioni aziendali interessate. Questi regolamenti includono non solo aspetti di natura tecnica, ma anche specifiche linee guida relative al monitoraggio ed alla reportistica che deve essere prodotta dall'azienda.

- Il percorso di decarbonizzazione intrapreso da Pirelli abbraccia quindi differenti aspetti che vanno dalla governance all'implementazione di soluzioni digitali, dall'innovazione dei materiali alla ricerca di soluzioni energetiche rinnovabili, richiedendo lo sviluppo di competenze, in parte innovative, che devono essere sviluppate internamente o acquisite dal mercato esterno.
- Elemento distintivo dell'approccio del Gruppo Pirelli è l'inter-funzionalità, che esige il contributo di tutte le funzioni aziendali al fine di conseguire gli sfidanti obiettivi che l'azienda si è data, nonché un utilizzo delle nuove tecnologie rese disponibili dalla trasformazione digitale che accompagna ed accelera il raggiungimento dei *target* di sostenibilità del modello di *business*.

[fonte: Pirelli Annual Report 2022 – Pirelli corporate website]

SOSTENIBILITÀ, DIGITALIZZAZIONE E LEADERSHIP DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE NEL MODELLO ORGANIZZATIVO DI ITALCEMENTI, GRUPPO HEIDELBERG MATERIALS

Quale contributo alla descrizione delle componenti organizzative, manageriali e tecnologiche di aziende impegnate a fronteggiare le sfide della sostenibilità (decarbonizzazione e economia circolare, in primis) si descrive il relativo modello adottato dal gruppo Heidelberg Materials, di cui Italcementi è parte e del quale dal 2023 assumerà nome e logo, per riflettere meglio la portata globale dell'azienda e la sua attenzione alla sostenibilità, alla digitalizzazione e alla leadership nel settore dei materiali da costruzione.

Il mondo ha bisogno di infrastrutture, edifici e spazi pubblici intelligenti, sostenibili e resilienti. Sfide come il cambiamento climatico e la limitazione delle risorse implicano che la produzione e l'uso di materiali da costruzione pesanti debbano evolversi. Heidelberg Materials sta trasformando la propria attività per affrontare queste sfide e porre la sostenibilità al centro delle attività. In quest'ottica è stato nominato il CSO (Chief Sustainability Officer), che guida il Sustainability Office ed è membro del Board. La strategia del CSO per costruire un futuro più sostenibile si basa sul soddisfacimento delle esigenze delle generazioni attuali non compromettendo le esigenze di quelle future e poggia su quattro caratteristiche fondamentali del futuro sostenibile, ovvero:



Costruire un futuro Net Zero: guidare la decarbonizzazione del settore dei materiali da costruzioni pesanti e fornire prodotti a basse emissioni di carbonio.

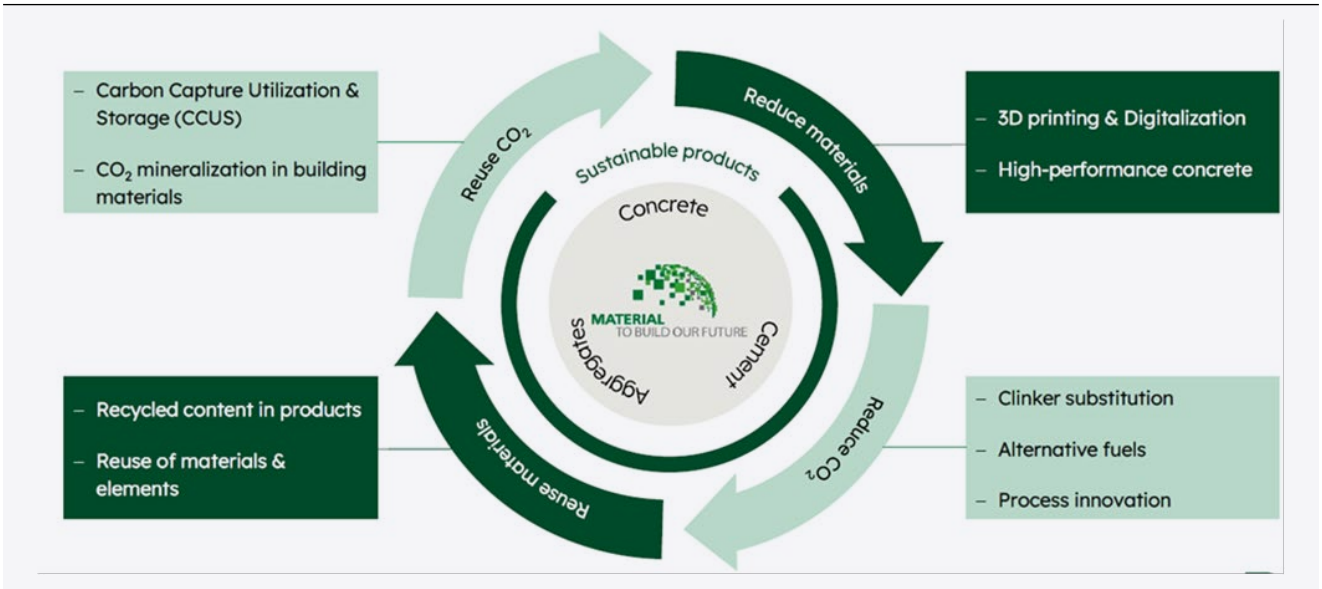
Costruire un futuro Safe & inclusive: porre la salute e il benessere di dipendenti, comunità e fornitori al centro delle operazioni aziendali.

Costruire un futuro Circular & Resilient: guidare la circolarità per ridurre e riutilizzare materiali e risorse naturali.

Costruire un futuro Nature-Positive: Contribuire ad un mondo naturale positivo attraverso il programma – leader del settore – di biodiversità e di gestione sostenibile delle risorse idriche.

L'approccio della Global Cement and Concrete Association (GCCA) è di riferimento per la definizione dei prodotti sostenibili del Gruppo Heidelberg Materials. La centralità riconosciuta alla sostenibilità dal Gruppo Heidelberg Materials risiede anche nello sfidante obiettivo di raggiungere il 50% di ricavi dalla vendita di prodotti sostenibili entro il 2030, come metrica della strategia low-carbon e di economia circolare.

La strategia di circolarità si basa essenzialmente sulla



chiusura del ciclo, illustrato in figura, attraverso le tre leve del processo, del prodotto e della collaborazione con gli stakeholder.

Il Sustainability Office si compone di quattro dipartimenti organizzativi, la cui responsabilità è affidata a figure quattro professionali di riferimento:

- Vice President di "Environmental, Social & Governance (ESG) Strategy, Reporting and Programs"
- Director "Global Research & Development"
- Director "Technologies and Partnership"
- Director "Innovation Hub"

I target del Vice-President di ESG (Environment, Social, Governance) riguardano:

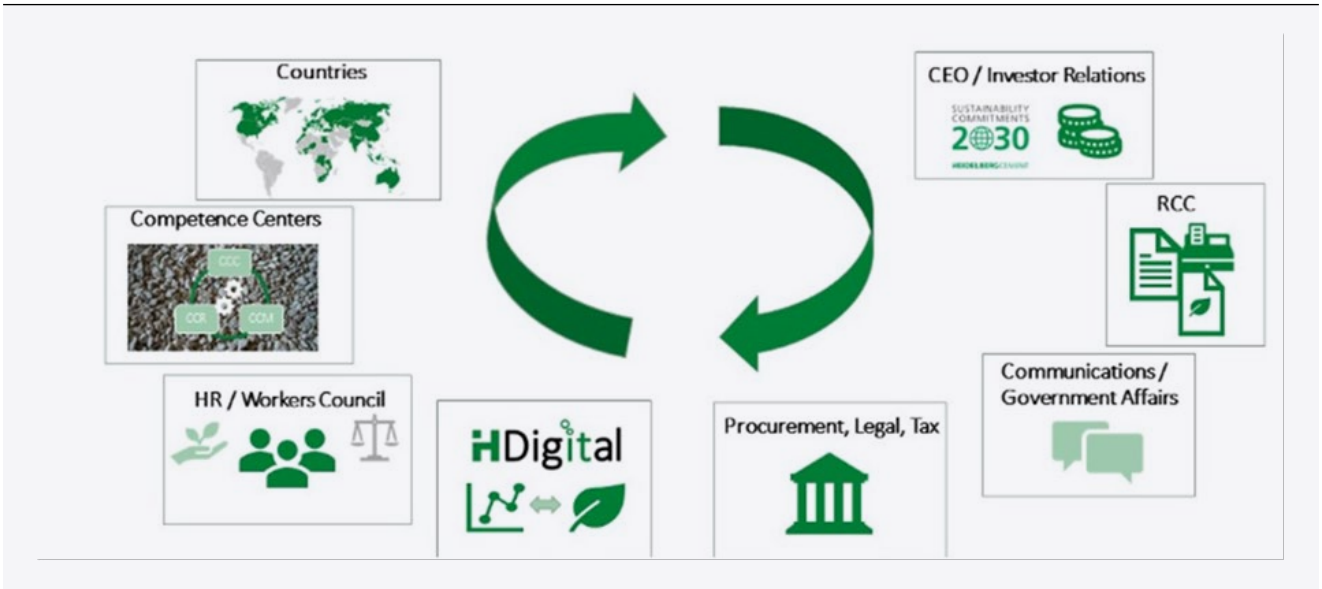
- identificazione di temi ESG più rilevanti in termini di rischio e opportunità attraverso l'analisi di materialità e delle relative priorità come parte integrante della strategia aziendale complessiva;
- sviluppo, guida e monitoraggio degli impegni ESG e SC2030 in tutta l'organizzazione, garantendo i programmi già in atto (diritti umani, sostenibilità dei fornitori, ecc.)
- comunicazione di informazioni trasparenti e credibili agli stakeholder interni ed esterni (rating, report annuale)
- Coinvolgimento nella Roadmap Net Zero tramite la partecipazione ad associazioni e consorzi.

I target del Direttore di "Global Research & Development" sono incentrati su:

- Supporto alle cementerie attraverso test sui materiali, prodotti, controllo qualità
- Innovazione per sviluppare prodotti e soluzioni tecnologiche leader in termini di competitività, qualità e sostenibilità (in primis ridurre le emissioni di CO2), anche attraverso collaborazioni con Università e startup
- Ottimizzazione di materiali e tecnologie convenzionali per ridurre le emissioni di CO2
- Competitive Intelligence e proprietà intellettuale e partecipazione ai tavoli normativi.

I target del Direttore di "Technologies and Partnership" sono relativi a:

- Scouting delle relative tecnologie di CCUS, ovvero



cattura, stoccaggio ed utilizzo di anidride carbonica e delle opportunità di business, con selezione delle aziende esterne (fornitori di tecnologia, industrie) e di consulenti per il co-sviluppo
- Redazione di studi di fattibilità in collaborazione con le altre funzioni aziendali e i singoli Paesi del Gruppo e coordinamento tecnico dei progetti di CCUS.

ATTRAZIONE DELL'INTERESSE DI TALENTI E STARTUP

Collaborazione con le altre funzioni aziendali per gli aspetti di sostenibilità (vedi figura).

I target del Direttore di "Innovation Hub" contemplano:
- Scouting e selezione delle nuove idee ed opportunità di business con focus sulla sostenibilità
- Sviluppo di selezionati prodotti e soluzioni innovativi
- Promozione di comunità di architetti, progettisti e grandi appaltatori su prodotti e soluzioni sostenibili
- Promozione dello spirito e della mentalità dell'innovazione
- Creazione di processi strutturati per raccogliete KH ed esperienze su prodotti e soluzioni innovativi
- Collaborazione con le altre funzioni aziendali per gli aspetti di sostenibilità (vedi figura).

A livello italiano, la struttura di Gruppo si completa con altre figure in ottica di presidio dei temi di sostenibilità e innovazione.

In sinergia con la struttura di Gruppo del Sustainability Office, in Italia operano il Responsabile della Funzione Innovazione e Qualità ed il Responsabile della Funzione "Prodotti ed Applicazioni Sostenibili".

Il Responsabile della Funzione Innovazione e Qualità:
- collabora in modo proattivo con gli impianti produttivi e le Direzioni di sede nella definizione di azioni di miglioramento qualitativo dei prodotti
- definisce le strategie di validazione delle nuove materie prime e le eventuali nuove formulazioni dei prodotti.
- valuta le azioni di riduzione delle emissioni di CO2 e proporle, in coordinamento con gli stabilimenti e le Direzioni di sede, assicurando il rispetto dei target di qualità.
- supporta gli stabilimenti nella definizione dei test industriali, anche attraverso prove di laboratorio in scala, e interpretarne i risultati, individuando le eventuali criticità e proponendo soluzioni alternative

- monitora la qualità di materie prime, del clinker e dei cementi attraverso l'analisi dei dati con metodi statistici avanzati.
- assicura il miglioramento continuo delle metodologie per analisi chimiche, mineralogiche e microstrutturali, utili alla valutazione della qualità di prodotto

Al Responsabile della Funzione "Prodotti ed Applicazioni Sostenibili", si richiede di:

- analizzare le tendenze di mercato al fine di individuare nuove opportunità per allargare l'offerta di prodotti e applicazioni sostenibili e/o a valore aggiunto;
- indirizzare, coordinare e facilitare lo sviluppo di prodotti e applicazioni innovativi e/o sostenibili in ambito calcestruzzo, dalla fase di concept design all'implementazione e monitoraggio sul mercato, nonché contribuire e supportare le campagne di marketing, comunicazione, promozione, divulgazione e formazione, interne ed esterne, relative ai suddetti mediante lo sviluppo di materiali e contenuti in collaborazione con le Funzioni coinvolte;
- supportare e favorire il coordinamento tra le funzioni aziendali preposte per strutturare l'implementazione, la promozione e la vendita dei suddetti prodotti e applicazioni;
- definire, di concerto con la Direzione Commerciale di Calcestruzzi, il budget relativo ai prodotti ed alle applicazioni sostenibili, monitorandone l'andamento anche al fine di individuare azioni correttive e di miglioramento;
- favorire l'implementazione della "CO2 roadmap strategy" in ottemperanza alle linee guida di Gruppo
- coordinare, favorire ed attuare attività di scouting su startup o affini per l'identificazione ed implementazione di nuovi prodotti e applicazioni sostenibili e/o innovativi, coordinando specifici tavoli cross-funzionali in ragione delle soluzioni individuate.

Le competenze richieste ai giovani talenti a supporto della funzione si richiamano a quelli di profili che integrano un solido background tecnico (Ingegneria Civile/Edile/Strutturale/Architettura) con conoscenze di marketing, di tematiche di sostenibilità ad ampio spettro e competenze digitali. In merito alla figura del Direttore R&D e del Responsabile Innovazione e Qualità possiamo declinare le rispettive competenze hard/soft alla luce delle moderne sfide di sostenibilità.

Figura del Direttore R&D:

Con specifica attenzione al Direttore di "Global Research & Development", la sua Direzione ha l'obiettivo di sviluppare prodotti innovativi, nuove formulazioni di prodotti e miglioramenti di processo, al fine di ridurre al minimo il consumo di energia e le emissioni di CO_2, massimizzando l'impiego di materie prime seconde in ottica di economia circolare. L'obiettivo finale è di minimizzare i costi sociali, ambientali ed economici. Le attività del Direttore GRD di Heidelberg Materials possono essere essenzialmente suddivise nelle seguenti aree di intervento:

- Sviluppo di cementi e calcestruzzi con migliorata impronta di carbonio, attraverso lo studio e la valorizzazione di cementi compositi e calcestruzzi con ridotto tenore di clinker e cemento, che conservino prestazioni adatte alle applicazioni. La riduzione della percentuale di clinker nel cemento è la leva più importante per minimizzare sia il consumo di energia sia le emissioni di CO_2 legati al suo processo di produzione. Le materie prime naturali risultano preservate sia con la valutazione di materie prime seconde in parziale sostituzione di calcare e argilla, che con l'impiego di aggregati di riciclo per la produzione di calcestruzzo, in un'ottica di economia circolare.
- Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione di CO_2, incrementando ad esempio la percentuale di combustibili da biomassa o esplorando l'uso dell'idrogeno. Il Gruppo Heidelberg Materials è in prima linea nello sviluppo di progetti per la cattura, l'utilizzo e lo stoccaggio del carbonio (CCUS).
- Economia circolare del calcestruzzo. Si lavora a tecnologie di riciclaggio innovative con l'obiettivo di riutilizzare rifiuti di demolizione e costruzione

nel calcestruzzo fresco. Sono oggetto di attività anche processi per inglobare CO_2 nei prodotti in calcestruzzo mediante carbonatazione, con tecniche ad hoc mirate ad accelerare i meccanismi naturali.
- Sviluppo di sistemi di calcestruzzo innovativi: la priorità principale è lo sviluppo ed il miglioramento di leganti e calcestruzzi con proprietà ottimizzate e funzionalità innovative (p.e., ulteriore sviluppo della tecnologia di stampa 3D in calcestruzzo).
- Sviluppo di soluzioni di automazione avanzate: con l'aiuto dell'intelligenza artificiale, si ricercano soluzioni per ridurre il consumo energetico, ottimizzare l'esercizio degli apparati produttivi, mantenendo la qualità dei prodotti costante.

Figura del Responsabile Innovazione:
Il responsabile Innovazione è un manager esperto e appassionato della sostenibilità con un focus specifico sulla decarbonizzazione e circolarità con un approccio integrato e una visione di filiera, affronta le questioni ambientali legate all'intero ciclo di vita dei prodotti, dall'approvvigionamento delle materie prime alla produzione, all'utilizzo dei prodotti e infine alla loro demolizione e recupero, avendo cura di assicurare il livello di qualità dei prodotti richiesto dal mercato.
Le competenze ed attività chiave sono:
- solida comprensione dei principi e delle pratiche della sostenibilità, per poter proporre e supportare strategie di sostenibilità.
- conoscenze nel campo della decarbonizzazione necessarie ad identificare le fonti di emissioni e sviluppare piani d'azione per la riduzione delle emissioni di carbonio.
- conoscenze di economia circolare per comprendere l'importanza della riduzione del consumo di risorse e della progettazione di prodotti eco-sostenibili, anche attraverso l'estensione del ciclo di vita dei prodotti e il riciclo e il recupero dei materiali.
- conoscenza approfondita della filiera e delle dinamiche di fornitura a monte e sui mercati di destinazione.
- capacità di collaborare con fornitori e partner commerciali per promuovere pratiche sostenibili lungo l'intera catena del valore
- sensibilità sulla misurazione sul monitoraggio dei progressi delle iniziative di sostenibilità utilizzando indicatori chiave di performance che siano poi raccolti, analizzati e finalizzati in report accurati per la direzione aziendale e gli stakeholder esterni.

MACCHINARI INTELLIGENTI, SOSTENIBILI E RESILIENTI PER L'ADVANCED MANUFACTURING. IL PROGETTO DI RICERCA E SVILUPPO IBS – INTELLIGENT BOTTLING SYSTEM DI SMIGROUP – SMILAB

Quale contributo alla descrizione delle componenti organizzative, manageriali e tecnologiche di aziende impegnate a fronteggiare le sfide della sostenibilità (decarbonizzazione e economia circolare, in primis) si descrive il relativo modello adottato dalle aziende del gruppo SMI, per riflettere meglio la portata globale dell'azienda e la sua attenzione alla sostenibilità, alla digitalizzazione e alla leadership nel settore impianti per il packaging.
Il mondo ha bisogno di macchinari intelligenti, sostenibili e resilienti. Sfide come il cambiamento climatico, la necessità di adottare modi di vivere e di produrre più green, insieme al sempre più dirompente tema del talent shortage implicano che la produzione e l'uso di materiali debbano evolversi. A questo proposito, il gruppo si sta impegnando sempre di più nella ricerca e sviluppo di tecnologie AI che possano da un lato, sopperire in parte alla disponibilità di forza lavoro oggi difficile da trovare, e dall'altro garantire prestazioni migliori anche da un punto di vista ecologico.
A questo scopo, SMI sta modificando i processi e le HMI dei macchinari progettati e prodotti in modo che l'interfaccia sia user friendly e che il sistema esperto selezioni la finestra di processo migliore in termini di efficacia ed efficienza, così da garantire elevati standard di produzione con il minor impatto ambientale possibile, anche grazie alla AI. Inoltre, in termini di sostenibilità, il gruppo SMI ha adottato per tutte le aziende del gruppo un sistema di gestione ambientale certificato da ente terzo secondo lo standard iso 14001, svolgendo in particolare l'indagine

carbon foot print iso 14067 e analisi energetica, mentre è in programma l'adozione del bilancio di sostenibilità nel prossimo anno.
La strategia per costruire un futuro più sostenibile si basa sul soddisfacimento delle esigenze delle generazioni attuali non compromettendo le esigenze di quelle future e poggia su quattro caratteristiche fondamentali del futuro sostenibile, ovvero:

- Costruire un futuro Net Zero: per il gruppo SMI, ciò significa essere attore nella produzione e nei processi legati agli impianti dedicati al packaging con la fornitura di beni strumentali progettati in ecodesign e a ridotto consumo energetico ovvero idonei a lavorare materiale 100% riciclato e/o biodegradabile, compostabile.
- Costruire un futuro Safe & Inclusive, ovvero porre la salute e il benessere di dipendenti, comunità e fornitori al centro delle operazioni aziendali. In quest'ottica, SMI oltre ad essere partner attivo di iniziative promosse dalla comunità in cui è inserita, privilegia da sempre i fornitori locali.
- Costruire un futuro Circular & Resilient guidando la circolarità per ridurre e riutilizzare materiali e risorse naturali.
- Costruire un futuro Nature-Positive, contribuendo ad un mondo naturale positivo attraverso la tutela della biodiversità e la gestione sostenibile delle risorse. A questo proposito, il nuovo Headquarter e altri sedi del gruppo, sono dotate di impianti fotovoltaici che, insieme ad una centrale idroelettrica di proprietà, consentono di produrre energia verde in maniera del tutto autosufficiente.

STRATEGIA DI CIRCOLARITA

La strategia di circolarità si basa essenzialmente sulla chiusura del ciclo, attraverso le quattro leve del processo, del prodotto, della sensibilità dei dipendenti verso tematiche ambientali e di sostenibilità e della collaborazione con gli stakeholder.
A questo proposito, l'azienda aderisce al "the global compact" dell'ONU, patto mondiale che riunisce dieci principi nelle aree di diritti umani, lavoro, sostenibilità ambientale e anti-corruzione, nato per incoraggiare le aziende e imprese di tutto il mondo ad adottare politiche sostenibili.

Diritti Umani

- Principio 1: Promuovere e rispettare i diritti umani universalmente riconosciuti nell'ambito delle rispettive sfere di influenza.
- Principio 2: Assicurarsi di non essere, seppure indirettamente, complici negli abusi dei diritti umani.

Lavoro

- Principio 3: Sostenere la libertà di associazione dei lavoratori e riconoscere il diritto alla contrattazione collettiva.
- Principio 4: Adoperarsi per l'eliminazione di tutte le forme di lavoro forzato e obbligatorio.
- Principio 5: Adoperarsi per l'effettiva eliminazione del lavoro minorile.
- Principio 6: Adoperarsi per l'eliminazione di ogni forma di discriminazione in materia di impiego e professione.

Ambiente

- Principio 7: Sostenere un approccio preventivo nei confronti delle sfide ambientali.
- Principio 8: Intraprendere iniziative che promuovano una maggiore responsabilità ambientale.
- Principio 9: Incoraggiare lo sviluppo e la diffusione di tecnologie che rispettino l'ambiente.

Anti-Corruzione

- Principio 10: Impegnarsi a contrastare la corruzione in ogni sua forma, incluse l'estorsione e le tangenti.

COMPONENTI MANAGERIALI

Il Sustainability team è composto: dall'AD, dal responsabile ambientale, dall'ufficio risorse umane, dall'ufficio compliance e dal dipartimento marketing.

- **Responsabile ambientale**: mantiene ed implementa il sistema di gestione garantendo la compliance specifica per rispettare la certificazione e migliorare i kpi di riduzione rifiuti e consumi.
- **HR**: promuove di concerto con la funzione Compliance attività formativa, ed informativa sulla

sostenibilità, pubblicizza durante le presentazioni aziendali l'impegno green dell'azienda ed organizza eventi presso le scuole per avvicinare gli studenti al tema della sostenibilità e inquinamento rendendoli consapevoli delle diverse tipologie di packaging e del loro corretto riciclaggio differenziato.

- **Marketing**: in sinergia con il dipartimento compliance mantiene i principi del global compact e comunica attraverso la pubblicazione semestrale di un magazine distribuito in tutto il mondo l'impegno del gruppo SMI verso la sostenibilità. Comunica attraverso i canali social di Smilab i valori del gruppo, per un comportamento e scelte etiche, sostenibili, green.
- **Compliance:** mantiene codice etico e ne cura la distribuzione con HR a tutti i lavoratori.
- A livello italiano, la struttura di Gruppo si completa con altre figure impegnate nel presidio dei temi di sostenibilità e innovazione, mentre a livello internazionale ha fatto si che tutte le filiali estere (UK, Romania, Russia, USA, Messico, Brasile, Asia, Cina e India) abbiano adottato il codice etico di gruppo.

Le competenze richieste ai giovani talenti a supporto delle funzioni si richiamano a quelle di profili che integrano un solido background tecnico (Ingegneria) con conoscenze di marketing, di tematiche di sostenibilità ad ampio spettro e competenze digitali.
In questo contesto il progetto di ricerca e sviluppo di IBS – Intelligent Bottling System – cofinanziato dal MISE, ha l'obiettivo di progettare un impianto packaging interconnesso e intelligente che utilizza materiali plastici da fonte riciclata 100% e biopolimeri, con l'esclusione dell'etichetta a beneficio della stampa diretta sul contenitore, con inchiostri ecocompatibili e biodegradabili, al fine di realizzare un prodotto a basso impatto ambientale e completamente riciclabile.

Rappresenta un interessante caso di studio per comprendere come l'eco-progettazione di prodotto e di processo comporti un'integrazione multidisciplinare tra diverse competenze e conoscenze nell'ambito della chimica, fisica, tecnologie digitali e advanced manufacturing, testing e standard. Si tratta certamente di un tassello di un puzzle più complesso ma il caso dimostra alcune possibili innovazioni di processo di sicuro interesse per l'implementazione della fabbrica circolare.

La definizione e lo sviluppo della nuova architettura dell'impianto di imbottigliamento ha permesso di conseguire i seguenti risultati:

1. **Realizzazione di un impianto completo** che sia trasportabile in container standard 40 piedi [41];
2. **Soluzione di macchine plug and play,** con notevoli vantaggi in fase di avviamento dell'impianto dal cliente.



Per raggiungere questo risultato sono state svolte nell'ambito delle **attività di ricerca**:

STUDI PER L'INTRODUZIONE DI TECNOPOLIMERI BIO

Si è sperimentato il PLA (Acido Polilattico) quale materiale biobased e compostabile più promettente nel campo dell'imbottigliamento (realizzazione della bottiglia,

41 La linea prototipo si compone di:
• un triblocco: Soffiatrice (SMI), Etichettatrice (SMI) ad etichetta avvolgente, Riempitrice (Enoberg) con deviazione per etichettatrice inkjet (SMI);
• nastri da trasporto con accumulo dinamico (SMI) e robot presa bottiglie cadute (automazione SMITEC);
• fardellatrice SMI ASW e palletizzatore SMI APS620;
• a corredo di test: banco di sterilizzazione bottiglie con laser;
• a corredo di test: banco di riscaldamento preforme con laser.



del film di termoretrazione per il confezionamento e per la produzione di tappi).

Testate le nuove bottiglie in PLA, per valutarne eventuali rilasci nocivi, si è proceduto allo sviluppo completo del progetto, con uno studio che ha definito la forma più idonea di bottiglia e la realizzazione della preforma.

Dopo vari tentativi si è riuscito a ottenere una piccola produzione conforme agli standard, agendo principalmente sulle ricette e tecnologie del processo.



L'utilizzo di polimeri come il PLA comporta già di per sé un fabbisogno inferiore di energia, riducendo drasticamente la dispersione energetica.

Progettati e realizzati gli stampi per il soffiaggio delle relative bottiglie, si sono effettuati successivamente una serie di test sulle bottiglie ottenute, che risultano utilizzabili in applicazioni industriali per la stabilità di forma.

Uno dei risultati più interessanti riguarda i tappi in biocompound, biodegradabile, compostabile e compatibile al contatto con gli alimenti e bevande. I compound individuati (compatibili ai sensi del regolamento UE 10/2011 e successive modifiche UE 2020/1245) sono stati utilizzati per realizzare questi tappi ad hoc che dal punto di vista della produzione hanno offerto un comportamento soddisfacente.

Si è ripetuto il test di tenuta e di valutazione di conformità al contatto alimentare ed alla migrazione delle sostanze previste nei regolamenti UE 10/2011 e 1245/2020 con risultati postivi per l'applicazione richiesta.

Dopo diversi test il risultato ha comportato un netto miglioramento dell'estetica del pacco e del processo.

Questo nuovo approccio di eco-progettazione ha permesso il conseguimento dei seguenti risultati sul prototipo:

a) **Realizzazione di bottiglie in polimero bio-based e bio-compostabile: PLA** con discrete proprietà meccaniche tali da renderle impiegabili nella produzione industriale. Rimane da perfezionare il processo termico di produzione. La produttività della macchina è ridotta del 75%.
b) **Verifica con test di migrazione** della compatibilità con bevande neutre, acide e basiche, con risultati positivi.
c) **Realizzazione di bottiglie in PET 100% riciclato con ottimi risultati** in termini di processabilità e resistenza meccanica della bottiglia. In questo caso la produttività della macchina soffiatrice è paragonabile a quella con l'utilizzo di preforme in PET standard.
d) **Realizzazione di tappi in due differenti compound**, entrambi bio compostabili, che hanno mostrato buone proprietà di tenuta ed hanno passato i test di migrazione previsti dai regolamenti europei.
e) **Realizzazione di test di confezionamento con film in PLA e film in LDPE 100% riciclato** da cui si sono ricavati importanti informazione per il corretto utilizzo. Per il PLA si ottiene un buon confezionamento se i rapporti di retrazione sono realizzati a specifica, per l'LDPE 100% riciclato invece i normali parametri di confezionamento permettono di ottenere buoni risultati.

STAMPA DIGITALE DELLE ETICHETTE DIRETTAMENTE SU CORPO BOTTIGLIA

L'obiettivo prefissato era l'eliminazione delle etichette di carta e di plastica, stampando le informazioni commerciali e pubblicitarie direttamente sul corpo della bottiglia con testo e immagini:

- si è sviluppato a questo proposito una nuova modalità di stampa digitale a colori, che ha migliorato l'efficienza della linea di produzione, e un miglioramento dell'etichetta customizzata, cioè con una possibilità pressoché infinita di personalizzazioni del prodotto essendo una tecnologia fortemente adattativa. Tale sistema innovativo ha pure comportato l'ottenimento di un brevetto italiano corrispondente.
- i materiali per la stampa dell'etichetta, sono risultati

compatibili con il tecnopolimero del contenitore e si è compiuta la verifica sull'eventuale migrazione di sostanze nocive all'interno del contenitore con risultati soddisfacenti.

Smilab e Smi hanno progettato e realizzato la macchina rotativa in grado di stampare immagini su bottiglie sia in PET, che rPET che PLA.
Le performance della macchina sono state in linea con le aspettative ed hanno portato alla **realizzazione e messa in funzione di macchina per stampa digitale** su contenitori in PET, PLA, rPET, con **inchiostri compatibili** sia con i contenitori, sia ai sensi dei regolamenti europei in termini di migrazione di sostanze all'interno di bevande.
La macchina ha ottenuto il deposito di domanda di brevetto.

STERILIZZAZIONE A LUCE PULSATA



In questo ambito la ricerca è iniziata partendo dall'analisi dei meccanismi di inattivazione generati dalla luce pulsata al fine di individuare le condizioni per un utilizzo più efficiente e soprattutto per portare l'impiego di questa tecnologia anche all'interno degli impianti di imbottigliamento, in particolare per la sterilizzazione dei contenitori e non solo dei tappi, come attualmente impiegata.
La soluzione per questa tecnologia di sterilizzazione termica ha portato ad un importante risultato ben superiore a quanto atteso e cioè alla possibilità di sterilizzare i contenitori non solo all'interno degli standard Ultraclean, ma, grazie alla possibilità di eliminare anche le spore batteriche ora è possibile raggiungere anche standard di disinfezione riferibili alle condizioni asettiche.

In questo spaccato il contenitore (bottiglia) è chiuso tra due valve riflettenti ed all'interno scorre uno stelo che mentre scende ruota, in modo da spazzare tutta la superficie interna assicurando un'opportuna energia su ogni punto per garantire la completa sterilizzazione. Il tutto può avvenire in un tempo inferiore ai 3 s, così come studiato, in modo che una macchina con 20 teste sterilizzanti può processare ben 24.000 bottiglie ora.

NUOVA TECNOLOGIA DI RISCALDAMENTO PREFORME

Questo settore della ricerca ha richiesto un notevole impegno di studio e progettazione sia con risorse interne (analisi dello stato dell'arte attuale con i sistemi tradizionali di riscaldamento, outlook sulle tecnologie più promettenti in termini energetici e qualitativi: microonde, laser, LED e laser a cavità verticali, lampade ad emissione a base di carbonio), sia con numerose consulenze esterne che hanno coinvolto il campo della scienza dei materiali, il campo dell'ottica, il campo dei materiali metallici, il campo della fotonica e dei laser, giungendo ad ottenere in via sperimentale il risultato atteso.
Selezionando varie geometrie del gruppo ottico si è giunti ad una soluzione che permettesse di avere un riscaldamento quanto più omogeneo lungo il corpo della preforma, che assicurasse la regola empirica che per una buona formatura della preforma sia necessario avere la temperatura interna superiore di 5-10°C a quella esterna, unitamente al fatto di avere un'efficienza di assorbimento dell'energia superiore al 95%.

La fase esecutiva e costruttiva ha raggiunto i seguenti risultati:

a) **raggiungimento della temperatura ottimale** all'interno della preforma secondo i criteri raccomandati per un buon processo di formatura della bottiglia;
b) **riduzione dell'energia necessaria per la produzione di bottiglie** con un incremento del rendimento del +25%
c) **possibilità di realizzare macchine soffiatrici senza scarto di prodotto** in condizioni di fermata improvvisa e quindi miglioramento dell'efficienza di linea.
d) Ottenimento dei relativi **brevetti.**

STUDI SUGLI ALGORITMI DI AUTOMAZIONE ED ELEMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

In questo ambito il lavoro di ricerca e messa a punto ha principalmente agito in due direzioni: sviluppo di una

nuova ingegneria dei sensori, definizione di nuovi stati logici e scenari operativi, impiego di robot antropomorfi e sistemi di visione, manutenzione predittiva ed infine la raccolta dati e gestione di essi in termini di IoT.
Uno degli obiettivi fondamentali del progetto e dell'innovazione in genere in ambito linee di imbottigliamento e packaging, è la riduzione del personale necessario alla conduzione della linea per sgravarlo da compiti pesanti, ripetitivi e comunque mai sempre privi di rischio. Le condizioni di autoprotezione sono da intendersi in due ambiti: il ripristino da condizioni fuori specifica e la prevenzione di eventi che possono portare a situazioni fuori specifica. Nel primo caso sono stati studiati due robot antropomorfi con relativi sistema di visione e algoritmi di intelligenza artificiale per il sollevamento di un prodotto caduto che ha causato il fermo macchina. Da analisi con tecnici e service Smi, è emerso infatti che questa è una causa frequente di fermi macchina e di conseguente intervento operatore perché è necessaria una certa manualità nel riposizionare il prodotto.

- Nella linea prototipo è stato implementato solamente il robot per prodotto caduto in ingresso macchina. Il processo è il seguente: il sistema di visione vede un prodotto caduto, chiede al gestore della macchina di fermarsi e di allentare la pressione, gli algoritmi id IA calcolano il punto di presa bottiglia e la traiettoria da eseguire, il robot esegue quanto definito e al termine dell'operazione chiede alla macchina di ripartire.
- Nel secondo caso sono stati studiati degli algoritmi di Health Monitoring (o manutenzione preventiva) su alcuni organi importanti della soffiatrice. Questi algoritmi consentono di monitorare lo stato della macchine e prevenire situazioni di malfunzionamento che richiedono poi, alla lunga, interventi dell'operatore, dei tecnici manutentori e magari anche del produttore della macchina.
- Infine in termini di Big Data Management o IoT, si è perseguito l'obiettivo dell'azienda di adottare un'unica piattaforma in grado di supportare i reparti interni lungo il loro processo decisionale, permettendo un continuo miglioramento nella gestione degli asset e della manutenzione nel pieno perseguimento dei principi dell'Industry 4.0 e dell'Internet of Things, cioè in questo caso di raccogliere i dati di funzionamento di tutti i macchinari installati e fornire un monitoraggio continuo in tempo reale degli impianti industriali.
- La piattaforma cloud denominata **SmyIoT**, a cui si può accedere sia dall'utente finale che da diversi utenti all'interno di Smi, può elaborare i dati con cui è alimentata e fornire informazioni utili ai diversi utenti. Il **Digital Twin** di ogni macchina viene creato e popolato con i dati provenienti dalla macchina in tempo reale. Si tratta sia di dati statici che descrivono la macchina sia di dati dinamici relativi al funzionamento e al comportamento della macchina. In questo ambito è stato anche sviluppato appositamente un **Modem 4G** per la connessione della macchina al cloud senza passare attraverso l'infrastruttura del cliente.

Quanto presentato non sarebbe possibile se la macchina non fosse dotata di dispositivi compatti, ergonomici, eco-sostenibili studiati per la "smart factory" e dotati di sistemi di automazione e controllo evoluti.

- Nella fase di funzionamento della linea prototipo due macchine, la soffiatrice EBS e la fardellatrice AFW sono state connesse al cloud e correttamente testate le funzionalità sviluppate.
- Si sono sviluppati una serie di studi che hanno portato alla definizione dei KPI fondamentali da considerare nell'acquisizione e gestione dei big data per le macchine di imbottigliamento e la realizzazione e sperimentazione dei un modem IoT dedicato alle linee di imbottigliamento.

Tra i risultati conseguiti:

a) **realizzazione di un impianto completo** di imbottigliamento senza la necessità di un intervento dell'operatore per situazioni impreviste, grazie all'impiego di robot antropomorfi con relativa Intelligenza Artificiale per la gestione dell'intervento.
b) **individuazione dei KPI** nella gestione dei Big Data;
c) **risultati implementabili su macchine di produzione**.

LA COLLABORAZIONE TRA R&S E INNOVAZIONE NEL DESIGN SOSTENIBILE DI PRODOTTO NEL SETTORE FARMACEUTICO, LAPETRE

Nelle aziende di prodotto, dove l'innovazione ha una forte vocazione tecnica e tecnologica, la presenza di un Innovation Manager gioca un ruolo fondamentale per alimentare il portafoglio di progetti di ricerca, sviluppo e innovazione aziendale di opportunità potenzialmente dirompenti per le modalità con cui vengono ricercate.
L'approccio consolidato alla ricerca e sviluppo trova infatti un nuovo alleato, l'Innovation Manager, che utilizza nuovi paradigmi di lavoro, come quello del design thinking, per identificare bisogni del mercato non espliciti.
L'Innovation Manager ha dunque la responsabilità di identificare opportunità di innovazione diversamente non accessibili all'azienda, comprenderne e validarne il valore potenziale, per poi interagire con il Responsabile della Ricerca e Sviluppo e collaborare nell'identificazione di soluzioni fattuali.
L'Innovation Manager ha inoltre la responsabilità di guidare il processo di identificazione e di validazione delle soluzioni ritrovate, affinché queste trovino una via verso il mercato e producano, per l'azienda, il valore atteso.
Valore che afferisce ai paradigmi ESG, quindi un valore che va oltre il solo valore economico-finanziario, e che guida ex-ante la ricerca di opportunità.
Difatti, proprio i temi di materialità per lo sviluppo sostenibile dell'azienda, governati dal Responsabile della Sostenibilità, rappresentano gli ambiti di innovazione che delineano il perimetro di lavoro dell'Innovation Manager.
Responsabile della Ricerca e Sviluppo, Responsabile della Sostenibilità e Innovation Manager sono dunque tre figure che devono necessariamente comprendersi a vicenda e collaborare verso l'obiettivo comune di persecuzione degli obiettivi di sostenibilità di medio e lungo periodo.
È grazie a questa collaborazione che si origina, da una azienda di packaging farmaceutico, un dispositivo per la somministrazione controllata, in terapia domiciliare, di farmaci in pillole. Un dispositivo che permette la corretta esecuzione della terapia e sposa appieno i paradigmi di sviluppo sostenibile per ecodesign, usabilità e digitalizzazione.

Nel caso specifico, la Direzione Ricerca e Sviluppo ha profonde competenze in materia di tecnologie per la produzione di contenitori in plastica e vetro, così come in materia di materiali sostenibili. Ulteriore ambito di competenza della Direzione Ricerca e Sviluppo è in materia di norme che regolano il settore farmaceutico, contesto che definisce il perimetro della ricerca di soluzioni. Le competenze sopra non sono però sufficienti per concepire, come azienda, una soluzione dirompente, sia per l'azienda che per il settore, come il dispositivo per la corretta somministrazione della terapia domiciliare.
Per il suo concepimento, l'azienda ha fatto leva sulle competenze proprie dell'Innovation Manager, il quale, innanzitutto:

- ha individuato un bisogno latente grazie alla conduzione di ricerche etnografiche su diverse persone;
- ha ipotizzato, insieme con un team interfunzionale, possibili soluzioni innovative in risposta ai bisogni individuati;
- ha sviluppato business case tecnico-economici delle possibili soluzioni.
- Successivamente, con il coinvolgimento dell'alta direzione, la cui presenza è di fondamentale importanza in occasione di progettualità di grande impatto per l'azienda, l'Innovation Manager:
- ha attivato attori dell'ecosistema di innovazione con competenze in ambito IoT;
- ha condotto il progetto coinvolgendo gli attori esterni, un team interfunzionale interno e applicando metodologie basate su interazioni rapide e retrospettive.

La Direzione Ricerca e Sviluppo ha partecipato al team di lavoro, sia nelle fasi esplorative sia nelle fasi di sperimentazioni, apportando le proprie competenze, tipiche del settore del packaging farmaceutico, al fine di studiare gli aspetti meccanici del nuovo dispositivo.
Si evince, da questo esempio, che le competenze hard della ricerca e sviluppo afferiscono ad ambiti tecnologici mentre le competenze hard dell'innovation management afferiscono a metodologie di lavoro.

OPEN SCIENCE E INTERDISCIPLINARIETA' PER LA FORMAZIONE DI ESPERTI E RICERCATORI INDUSTRIALI DELL' ECO-INNOVAZIONE, ENEA

FORMAZIONE DEL PERSONALE INTERNO ALL'ENTE

Per quanto riguarda lo sviluppo di nuove competenze, da dedicare ai molteplici aspetti dell'economia circolare, l'ENEA ha provveduto a conferire diversi assegni di ricerca, a giovani studiosi in possesso di laurea in materie STEM ma anche in materie socio-giuridico-economiche.

Si premette che agli Enti pubblici di ricerca e alle Università, la legge 30 dicembre 2010, n. 240 attribuisce la possibilità di conferire assegni per lo svolgimento di attività di ricerca; a tal fine **l'ENEA,** bandisce periodicamente avvisi di selezione concorsuale finalizzai al conferimento di assegni di ricerca per collaborazioni tecnico-scientifiche.

In linea generale, i profili richiesti riguardano il possesso di diploma di laurea in materie scientifiche, non è richiesto necessariamente il possesso di dottorato di ricerca, ma può essere valorizzata, in sede di colloquio, una pregressa esperienza o studi attinenti alla tematica per la quale si presenta la domanda. Lo svolgimento della collaborazione prevede che l'attività dell'assegnista sia svolta sotto la guida e la direzione del Coordinatore indicato per ciascuna tematica posta a bando. Al termine del primo anno di attività è previsto che il Direttore del Dipartimento, presso cui è assegnata la risorsa, esprima un giudizio motivato sulla relazione tecnico-scientifica prodotta dall'assegnista, utile anche ai fini di un eventuale rinnovo.

La selezione è basata anche sul sostenimento di un colloquio, volto a valutare l'approfondimento del percorso di studi ed eventuale esperienza lavorativa in relazione alla tematica della specifica posizione selezionata dal candidato; viene anche verificata la base di conoscenze sull'ordinamento e le attività sviluppate dall'Agenzia.

Nell'ambito dell'Economia circolare, l'ENEA ha pubblicato le procedure selettive destinate a giovani studiosi da adibire ad attività tecnico-scientifiche sulle seguenti tematiche:

a. **lo sviluppo ed applicazione di metodologie chimico-analitiche a supporto della qualità e sicurezza alimentare e della bioeconomia circolare.**
   Il titolo di studio richiesto è la laurea magistrale in Chimica e Tecnologie Farmaceutiche e Scienze biologiche;
   il colloquio si è orientato sulla chimica analitica rd analisi microbiologiche; su tecniche analitiche per la caratterizzazione di matrici agroalimentari; sicurezza alimentare e contaminazione degli alimenti; valorizzazione di scarti e sottoprodotti e caratterizzazione di packaging innovativo per la bioeconomia circolare;
b. **l'implementazione e la gestione di metodologie, modelli, strumenti e banche dati per l'economia circolare;**
   per tale tematica, e le Lauree richieste non sono solamente le tradizionali in Ingegneria ambiente e territorio, ingegneria gestionale, ingegneria chimica, scienze ambientali, ma anche Economia, ed architettura;
   il colloquio si è svolto su metodologie, modelli, strumenti e banche dati per l'economia circolare con riferimenti a LCA, ecodesign, Block chain, basi delle politiche italiane ed europee sulla economia circolare;
c. **studio, valutazione e sviluppo di tecnologie e processi per il riciclo di materie prime da scarti produttivi e rifiuti in un'ottica di economia circolare;**
   su quest'ultimo tema, può essere interessante constatare che le materie oggetto del colloquio attengono a sistemi di gestione e tecnologie di trattamento di rifiuti organici in ottica di economia circolare (RAEE, batterie, plastiche); criteri di dimensionamento degli impianti; valutazione costi-benefici.
d. **Studio, valutazione e sviluppo di tecnologie e processi per il trattamento di acque reflue e fanghi di depurazione in ottica di economia circolare; lauree STEM;**
   il colloquio si è svolto su sistemi di gestione e tecnologie per trattamenti depurativi delle acque

reflue; modellazione matematica; valutazione costi-benefici.

Infine, con la tematica: "**valutazione di impatti e produttività economica per la creazione di modelli di business circolari e collaborativi finalizzati all'uso efficiente delle risorse, alla riduzione dei costi e delle emissioni ed al benessere sociale**", l'ENEA si è rivolta a laureati in Economia, Scienze politiche, Giurisprudenza, Architettura, Sociologia e Psicologia.
Ciò nell'ottica di poter garantire anche lo sviluppo di nuove professionalità capaci di elaborare indicatori per misurare gli impatti delle politiche (ex ante ed ex post); di sviluppare modelli di business Innovation da applicare all'uso efficiente delle risorse.
È importante segnalare che l'esperienza maturata in qualità di "assegnista di ricerca" è fondamentale sia per la giusta qualificazione e valorizzazione nei pubblici concorsi in enti di ricerca, sia in ambiente di tipo industriale per le specifiche caratteristiche acquisite sugli impianti e laboratori di ricerca.

FORMAZIONE DEL PERSONALE ESTERNO ALL'ENTE

CONTESTO

L'economia circolare è un cambio di paradigma radicale rispetto al modello di sviluppo economico prevalente negli ultimi secoli, in grado di ispirare e orientare le scelte di imprese, organizzazioni e cittadini. Oggi è possibile, oltre che necessaria, una nuova convergenza tra ecologia, economia, nuove tecnologie digitali, aspettative ed esigenze sociali e culturali. L'economia circolare richiede, infatti, assieme a nuova strategia di impresa e un nuovo management, un Cambio radicale di approcci culturali **tale da indurre una modifica strutturale e innovativa nei modelli di produzione, distribuzione e consumo**.
È necessario **disaccoppiare il livello di benessere di una società dal suo consumo di risorse**; per il consumo: occorre passare dal concetto di proprietà al concetto di utilizzo di un servizio e dal concetto dell'usa e getta al concetto del riutilizzo, riuso e riciclo. ***Distanziamento sociale versus distanziamento fisico assieme con la solidarietà sociale.***
Un cambio culturale realizzabile anche grazie a percorsi di formazione, informazione e divulgazione. **Necessita quindi di formazione di nuovi consumatori e adozione di nuovi stili di vita,** quindi un investimento in cultura ed educazione, formazione e divulgazione rivolte ad imprese, PA, cittadinanza e studenti.
Si tratta di un obiettivo difficile ma imprescindibile. Difficile perché la modifica dei comportamenti e delle scelte personali dipende da una grande molteplicità di sensibilità, bisogni, esigenze e desideri, priorità, abitudini, storie personali. Imprescindibile perché l'impatto potenziale di queste misure è elevatissimo.
Tra i **concetti chiave** che sottendono agli obiettivi formativi dell'educazione all'economia circolare vi sono: il limite delle risorse e la loro origine, la resilienza degli ecosistemi naturali, antropici e sociali, l'eco-innovazione dei processi produttivi e di prodotto (rigenerazione, riuso e processi di riciclo), l'educazione al consumo consapevole anche attraverso strumenti utili ad informare sul grado di sostenibilità di prodotti e servizi.
Come tutte le politiche di sviluppo sostenibile, anche l'economia circolare ha l'esigenza di una ***strategia comunicativa ed educativa unitaria ed efficace***, utilizzando in modo appropriato e sinergico tutti gli **strumenti** comunicativi, formativi, educativi e partecipativi disponibili oppure reinventandone di nuovi anche attraverso percorsi di co-progettazione.
In particolare si ritiene necessario un approccio:

- sistemico e interdisciplinare: per cogliere la complessità delle relazioni tra i fenomeni;
- relazionale e partecipativo: per facilitare l'incontro e l'alleanza tra produttori e consumatori;
- pedagogico e formativo: per integrare l'educazione "formale", con quella "non formale" e "informale"
- comunicativo: per un linguaggio semplice e accattivante che susciti la desiderabilità, ma non banale o semplicistico;
- sperimentale: per un più efficace coinvolgimento degli attori del territorio valorizzando le loro azioni/buone pratiche, misurandone al contempo i risultati.

I presupposti epistemologici, le metodologie, gli strumenti rientrano tra quelli elaborati e sperimentati negli ultimi venti anni nel campo dell'educazione alla sostenibilità:

- saper guardare fatti ed avvenimenti in maniera sistemica e integrata;
- Multidisciplinarietà saper riconoscere ed apprezzare la diversità, sia culturale sia biologica;
- saper riconoscere l'incertezza intrinseca ai sistemi complessi e saper agire con attenzione all'imprevisto; immaginare il futuro e prepararsi a costruirlo;
- affrontare la complessità e confrontare i valori; pensare in maniera critica e trasformativa;
- agire in maniera responsabile; collaborare e partecipare.

L'approccio ENEA è multidisciplinare e olistico e si basa sui principi della condivisione e della partecipazione.
ENEA, come agenzia, si rivolge a PA, imprese e intera società e questo mandato trova piena vocazione nelle attività condotte per lo sviluppo della sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali e per la transizione verso l'economia circolare.
In particolare il focus sui territori non può prescindere dal coinvolgimento di tutti gli stakeholder per poter attuare una co-governance e rendere efficaci politiche, iniziative e strumenti. Ulteriore aspetto è quello che riguarda i giovani in termini di educazione, di opportunità di crescita, formazione e inserimento, anche nell'ottica di superare il divario generazionale[42].
Alla luce di tale contesto le competenze che l'Ente vuole rafforzare per l'economia circolare si ispirano a criteri di interdisciplinarietà (competenze tecnologiche sull'efficienza delle risorse, ecodesign multi settoriale, Information Technology, assieme a competenze economiche, giuridiche, sociali e di comunicazione) con una presenza forte anche di soft skills (creatività, network, lavorare in gruppo, facilitazione). Tale approccio si ispira ai tavoli partecipati dall'ENEA, ad esempio possiamo citare il Rapporto INAPP-IRS (Istituto per la Ricerca Sociale, "INDICAZIONI GENERALI PER IL SISTEMA DELL' EDUCATION Rapporto INAPP-IRS".
La ricerca, conclusa a dicembre 2018, ha evidenziato l'importanza di far acquisire ai professionisti dell'economia circolare:

- conoscenze e competenze adeguate in materia di efficienza energetica e di efficienza delle risorse;
- nozioni di eco-compatibilità, tali da orientare, a tutti i livelli, le attività di chi opera nell'edilizia sostenibile e nel ciclo dei rifiuti;
- competenze specifiche in materia di eco-design per tutti coloro che, a vario titolo, si occupano di progettazione, poiché l'attenzione, in una prospettiva di efficienza energetica, di ecocompatibilità e di economia circolare, si dovrà spostare dalla fase di produzione alla fase, a monte, di progettazione dei prodotti;
- competenze informatiche e capacità di utilizzo degli smart device, per stare al passo con l'innovazione tecnologica (a tutti i livelli, dai profili a più alta qualificazione fino ai tecnici).

OFFERTA FORMATIVA ENEA

- Principali Tematiche: uso efficiente delle risorse, sostenibilità, etichette ambientali, analisi del ciclo di vita, eco-design e circular design, modelli di business, sharing economy, consumo consapevole, supporto in percorsi di economia circolare per le imprese.
- Metodi e modalità di Comunicazione scientifica utilizzati:
  - Lezioni e seminari interattivi
  - Focus group
  - Laboratori operativi
  - Training on the job
  - Visite presso impianti
- Attività laboratoriali proposte alle scuole, trasferibili e replicabili altrove:
  - Laboratori operativi di simbiosi industriale
  - Laboratori operativi di LCA

42 Indagine sul futuro dei giovani. V Edizione 2022 http://www.fondazionebrunovisentini.eu/indagine-sul-futuro-dei-giovani-v-edizione-2022/
Osservatorio Politiche Giovanili: https://www.osservatoriopolitichegiovanili.it

  - Moduli per Alternanza scuola lavoro
- Attività di divulgazione scientifiche:
  - Talk e Laboratori operativi di simbiosi industriale e LCA
  - Eventi, festival ed expo.

1. LA PIATTAFORMA ICESP: FOCUS SU FORMAZIONE E DIFFUSIONE DELLA CONOSCENZA

ICESP (Piattaforma Italiana degli attori per l'Economia Circolare) ha redatto un documento con 9 priorità per un'Agenda strategica italiana per l'economia circolare e tra queste si menziona "informazione, formazione e cultura".

Infatti, per un'effettiva implementazione delle pratiche di EC è necessario un cambiamento culturale, fondato su un approccio trasversale alla formazione, che intervenga a livello di educazione primaria, secondaria, accademica e aziendale allo scopo di creare nuove figure professionali, sia nel pubblico che nel privato. Per abilitare queste azioni bisogna attivare pratiche di engagement e dialogo tra ricercatori, cittadini e policy makers, stimolando processi di partecipazione attiva e citizen science.

Il tema è prioritario ed è presente anche nella Strategia nazionale per l'economia circolare (Giugno 2022) e nel cronoprogramma (Settembre 2022).

La **cittadinanza** può essere coinvolta organizzando **campagne di comunicazione** (anche nelle scuole) per fornire dati e informazioni affidabili, coerenti, comparabili e verificabili, in accordo con il nuovo Green Deal europeo.

Si incoraggia l'utilizzo di **piattaforme per lo scambio di informazioni**, ad es. sulla reperibilità e uso dei prodotti, promuovendo la ridefinizione delle relazioni con la società attraverso processi di partnership e di engagement e dialogo fra ricercatori, cittadini e policy makers, favorendo **processi di partecipazione attiva e progetti di citizen science e crowdsourcing**.

Per abilitare queste azioni bisogna attivare pratiche di engagement e dialogo tra ricercatori, cittadini e policy makers, stimolando processi di partecipazione attiva e citizen science:

Formazione scolastica

1. La **formazione scolastica** ha un ruolo determinante per creare una cultura dell'EC e pertanto si propone di **introdurre gli insegnamenti di EC** nei corsi di formazione iniziale e continua e **nei programmi scolastici** a partire dalla scuola primaria in collaborazione con il Ministero dell'Istruzione e le amministrazioni regionali.
2. Sensibilizzare la fascia di popolazione studentesca attraverso attività di formazione scolastica, incide sulla diffusione di un modello culturale di **educazione al consumo** ed è occasione per dare agli studenti un servizio di **orientamento su percorsi formativi per professioni emergenti legate all'EC e alla sostenibilità**.

Formazione accademica

1. In **ambito accademico,** bisogna favorire l'attivazione di **nuovi corsi di Laurea** Triennale e Magistrale in EC e **promuovere i percorsi già esistenti**, con il supporto di reti collaborative tra istituti accademici e settore privato per condividere le best practices e migliorare i curricula di EC.
2. Necessari anche **corsi post-lauream per la formazione di risorse e nuove figure professionali** (es. resource manager, circular economy manager, specialista del mercato delle materie prime/seconde, etc.) a supporto di aziende e PA

Formazione professionale: settore privato

1. Formazione/Riqualificazione professionale del **settore privato**: è necessario **sensibilizzare gli imprenditori** sulle pratiche di EC e facilitare dei percorsi di **formazione tecnico-economica-finanziaria** ad hoc, verificando qualità dei formatori.
2. L'obiettivo è di diffondere una **nuova cultura imprenditoriale**, basata sulla consapevolezza nell'uso efficiente delle risorse, lo scambio di buone pratiche, l'accesso alle nuove conoscenze e all'eco-innovazione. Le specificità e vocazioni territoriali devono essere centrali anche nell'attivazione di **corsi professionali su EC**.

Formazione professionale: settore pubblico

1. Formazione/Riqualificazione professionale per il settore pubblico, la formazione interna è necessaria per l'adozione degli strumenti offerti. Si auspica di agevolare l'accesso al percorso del Green Public Procurement (e relativa applicazione dei Criteri Minimi Ambientali – CAM) che rivestono un importante ruolo per incentivare il mercato verso una strategia circolare.
2. Sono in corso iniziative di collaborazione tra pubblica amministrazione, mondo produttivo, UNI, consorzi per raccolta differenziata e recupero di materiali con l'obiettivo di riqualificare il personale tecnico e manageriale attualmente in servizio.

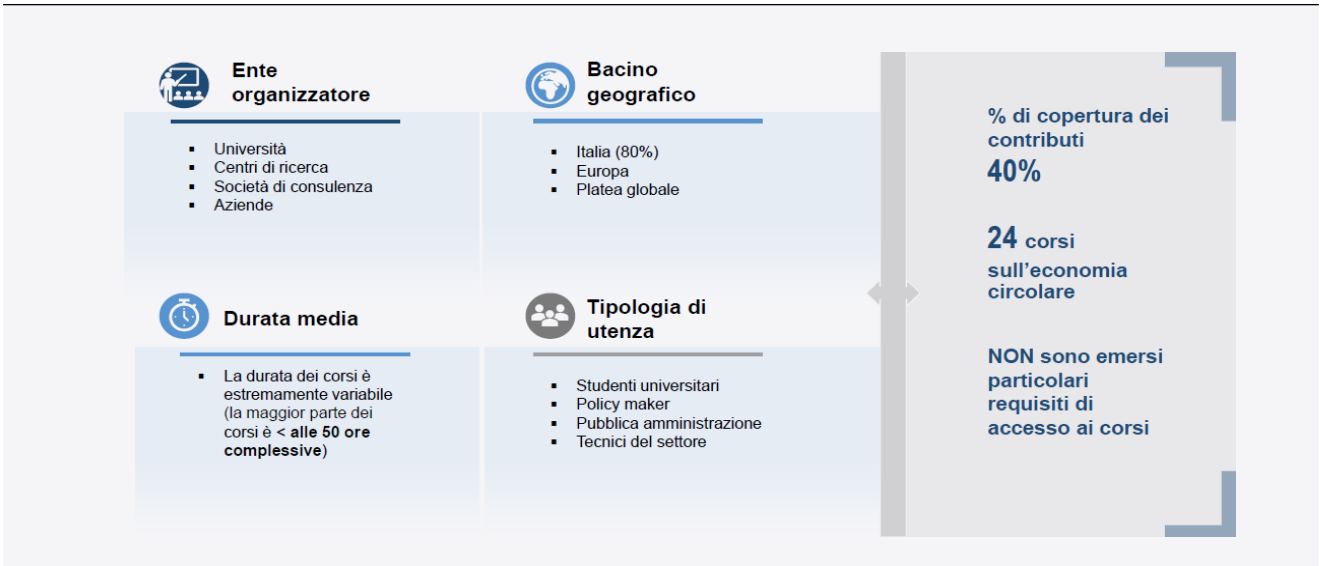
Il Gruppo di lavoro 1 di ICESP si occupa di **Ricerca ed eco-innovazione, diffusione di conoscenza e formazione**[43].
Negli anni ha realizzato alcune analisi volte a conoscere l'offerta formativa e i fabbisogni delle imprese (PMI) sui temi dell'economia circolare:

- 2019/2020 Analisi delle competenze e offerta formativa in ambito economia circolare
- 2021/2022 Analisi dei fabbisogni formativi delle imprese su economia circolare.

L'analisi bibliografica condotta su "economia circolare" ed "ecoinnovazione" ha evidenziato sei maggiori aree di interesse: 1) product design e innovazione, 2) environmental management, 3) strategia di business e organizzazione aziendale, 4) gestione della supply chain e sostenibilità, 6) ecologia industriale e economia ecologica.
Dall'analisi delle aree scientifiche di ricerca risulta che l'area delle Scienze Ambientali è per entrambi i topic la più numerosa, seguita da Ingegneria e poi dalle altre.
In merito alla Formazione universitaria e post-universitaria, la mappatura condotta nella rassegna del GdL1 ICESP prevede:

- L'introduzione di **specifici corsi all'interno delle università o master universitari di II livello** (22 master): Scuola Universitaria Superiore Sant'Anna di Pisa, la Luiss Business School, Milano Bicocca, Università di Bologna, Università degli Studi della Tuscia, Università degli Studi di Perugia, Università

43 https://www.icesp.it/GdL/1



Fonte: ICEPS

Iuav di Venezia, Università degli Studi di Camerino, ecc.
- I master hanno in comune gli obiettivi di **formazione al green management e alla economia circolare** al fine di creare e formare figure di manager che siano in grado di prendere decisioni e di definire e attuare strategie nel contesto delle sfide poste dalla economia circolare. L'obiettivo principale è trasmettere competenze e capacità, metodologie e strumenti operativi di supporto, per un management orientato ad una gestione circolare ed efficiente delle risorse.

Il fabbisogno formativo delle **Organizzazioni** va incentrato su:
- Compliance normativa e di regolamento
- Finanziamenti e Incentivi
- Ciclo vita dei prodotti e relativo trattamento
- Transizione Energetica ed Emissioni

Il livello di maturità sulle tematiche di economia circolare delle Organizzazioni coinvolte necessita di:
- Corsi di formazione continua
- Figure professionali dedicate alla diffusione delle tematiche in azienda
- Piattaforme di condivisione delle risorse e delle conoscenze
- Approccio sistemico e offerta formativa trasversale

Nonostante sia percepita la diffusione di buone pratiche, all'interno delle aziende emerge:
- poca consapevolezza su economia circolare, i temi di eco-innovazione, eco-progettazione risultano attualmente poco approfonditi
- poca disponibilità di corsi di formazione
- mancanza di conoscenze sulle possibilità di innovazione del proprio business
- incapacità di strutturarsi internamente per gestire.

In conclusione è necessario:
- adottare un approccio più sistemico e integrato nella formazione, informazione e cultura
- ripensare le offerte formative in ottica trasversale,
- garantire la creazione di corsi professionali business-oriented, utili a soddisfare le crescenti richieste provenienti dall'ambito lavorativo
- formare esperti che sappiano orientarsi all'interno dei vasti campi dell'economia circolare.

STRUMENTI A DISPOSIZIONE DELLE IMPRESE PER ACCEDERE ALL'ECO-INNOVAZIONE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE
- Competence Center: poli di innovazione costituiti nella forma di partenariato pubblico-privato da almeno un organismo di ricerca e da una o più imprese.
- Digital Innovation Hub: cluster tecnologici di collegamento tra impresa, ricerca e finanza per stimolare e promuovere la domanda di innovazione del sistema produttivo ("porta di accesso" delle imprese al mondo di Industria 4.0)
- Clusters Tecnologici Nazionali: grandi aggregati di competenze su scala nazionale in grado di mobilitare congiuntamente il sistema industriale, il sistema della ricerca e quello della pubblica amministrazione nazionale e regionale per generare agende comuni di ricerca e roadmap di sviluppo tecnologico condiviso.
- Parchi Scientifici e Tecnologici: infrastrutture caratterizzate come aggregatori delle imprese con un profilo altamente innovativo.
- Reti, pubbliche o private per raggiungere i principali obiettivi della sostenibilità e dell'economia circolare.

ENEA risponde a domanda di conoscenza da parte delle organizzazioni riguardo strategie di economia circolare come **eco-design, simbiosi industriale, chiusura dei cicli, tecnologie e processi innovativi nel settore dei Raw Materials e della bio-economia** mettendo in campo differenti sttrumenti:
- laboratori learning-by-doing diffusione di strumenti, buone pratiche e casi di successo;
- workshop, seminari o percorsi tarati ad hoc (si citano esperienze con CNA, UNIONCAMERE, Confindustria,..);
- approccio "bottom-up" per indagare i fabbisogni

delle imprese per organizzare corsi ''su misura'' rispondenti alle specifiche esigenze territoriali.

Di seguito vengono presentati alcuni casi.

2. PROGETTI ENEA: TOPIC EDUCATION (KIC-RM)



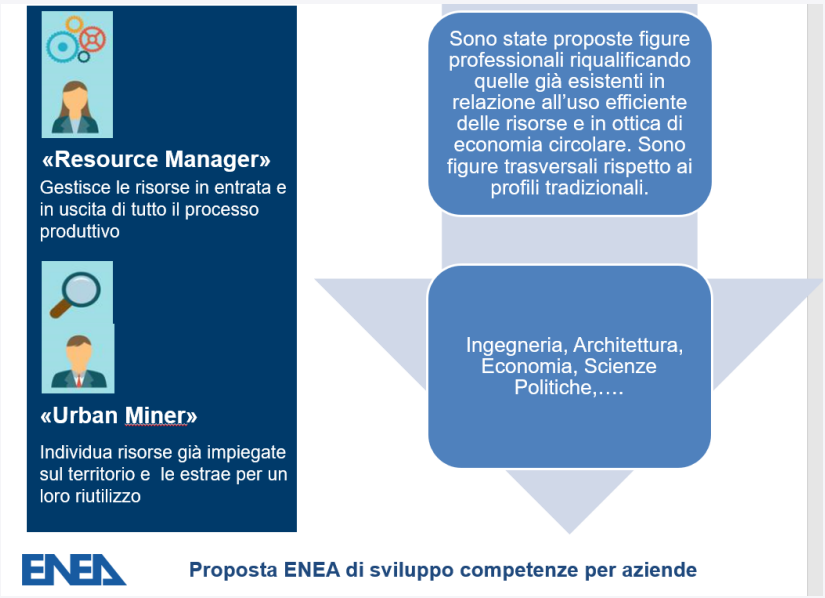
Il progetto RMsManager mira a creare e offrire un nuovo corso di formazione "Manager delle materie prime" per preparare professionalmente personale nel campo della gestione delle materie prime nei Paesi appartenenti all'EIT Regional Innovation Scheme (EIT RIS).

I futuri "Manager delle materie prime" saranno studenti con conoscenze e abilità pratiche necessarie nelle varie applicazioni di settore, identificate in base all'analisi completa delle reali esigenze dell'industria delle materie prime.
Il progetto è stato coordinato da AGH University of Science and Technology (Polonia), nell'ambito delle attività della Raw Materials Academy della Comunità della Conoscenza e dell'Innovazione "EIT RawMaterials" (EIT-RM).
Tra i partner industriali e di ricerca del Progetto: AGH University of Science and Technology (Coordinator), Lappeenranta University of Technology, National Technical University of Athens (NTUA) – School of Mining and Metallurgical Engineering, Technical University of Kosice, Consorcio Campus Iberus, KGHM Cuprum sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe (KGHM Cuprum Ltd. Research & Development Centre), Odessa Institute of Trade and Economics of Kyiv – National University of Trade and Economics, Waste Management and Recycling Cluster – National Key Cluster, Laboratori e Centri ENEA.

Il Progetto refresco (Professional Refresh course) sul lifelong education, è indirizzato a PA, aziende e privati.
Eroga corsi di formazione rivolti a professionisti nel campo delle materie prime non energetiche in particolare: tecnologie di riciclo da rifiuti urbani e industriali; valutazione degli impatti ambientali di prodotto e processo; implementazione di business innovativi su modelli di economia circolare.



Il progetto ha previsto: i) Valutazione delle esigenze formative delle aziende sull'efficienza delle risorse; ii) Aumentare le competenze e le capacità; iii) Creare delle reti di differenti attori; iv) Stimolare la discussione a livello EU per creare nuove opportunità di business e diffondendo l'eco-innovazione; v) Individuare nuove figure professionali (resource manager, urban miner).



3. PERCORSI INNOVATIVI DI FORMAZIONE SU ECONOMIA CIRCOLARE PER LE IMPRESE

Metodi: laboratori learning-by-doing, buone pratiche, casi di successo

ATELIER

- Il progetto ATELIER, (Attività Tecniche e formativE per lo sviLuppo dell'Imprenditoria sull'Economia ciRcolare) ha l'obiettivo di supportare UNIONCAMERE Lombardia per lo svolgimento di attività tecniche e formative per la promozione dell'economia circolare. ATELIER rende disponibili a imprenditori e personale delle Camere di Commercio corsi ''su misura'' in base alle specifiche esigenze territoriali, attraverso un approccio "bottom-up" che consente di indagare i fabbisogni e le aspettative reali delle imprese lombarde.

  Nello specifico il progetto prevede:

1. Analisi territoriale con focus group e definizione di un piano di attività che identifichi i fabbisogni formativi e i relativi corsi (giugno-settembre 2020);
2. Formazione del personale delle CCIAA attraverso l'organizzazione, gestione e realizzazione di due seminari formativi (dicembre 2019);
3. Formazione alle imprese con corsi modulabili sulla base dei fabbisogni identificati in fase I (ottobre-dicembre 2020).

A seguito dell'emergenza COVID, i focus group e i seminari sono stati riprogettati in modalità online per permettere la continuità nello svolgimento delle attività al fine di raggiungere gli obiettivi del progetto.
Tra i partner industriali e di ricerca: Imprese della Lombardia, Partner tecnico-scientifici, Unioncamere Lombardia, Laboratori e Centri ENEA: Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali SSPT-USER-RISE (coordinatore); SSPT-SEC; SSPT-USER-T4RM; SSPT-USER-T4W.

4. ULTERIORI PROGETTI PER LA FORMAZIONE NELL'ECONOMIA CIRCOLARE

- Progetto IFOA ECO-GEA (2018) nell'ambito del

fondo *Piano formativo Fondimpresa*. Interventi formativi nelle aziende di Fondimpresa su tematiche direttamente connesse alla gestione ambientale ed energetica. ENEA ha fornito supporto al coordinamento scientifico ed è ha organizzato 2 workshop: "Innovazione ambientale di processo e di prodotto" e "Strumenti e buone pratiche di economia circolare nelle imprese".

- Progetti IFOA Green&Food e Smart Mechanics (2017-2018) nell'ambito del bando della Regione Emilia Romagna PO FSE 2014-2020. Realizzazione di seminari informativi e corsi di formazione sui temi dello sviluppo sostenibile e dell'economia circolare. ENEA ha fornito supporto tecnico-scientifico e docenze specialistiche sui seguenti temi: economia circolare; Life Cycle Assessment; ecodesign; certificazione di prodotto ed etichette ambientali, opportunità per la gestione dei rifiuti.
- Progetto **CL-HUB** (Circular Learning Hub), (2019-2020) finanziato da EIT-Climate KIC. Supporto a imprese e stakeholder del mondo della finanza per facilitare l'innovazione dei sistemi produttivi con percorsi formativi riguardo l'uso ottimale di energia e risorse e riduzione dei rifiuti.
- Progetto **CETIP** (Circular Economy Training Italy Pilot) (2018-2019) finanziato da EIT-Climate KIC e coordinato da ENEA. Percorso pilota di formazione sui temi dell'economia circolare rivolto a imprese e stakeholder del territorio di diversi settori del distretto industriale Roveri a Bologna col fine di implementare soluzioni per un uso efficiente delle risorse e di chiusura dei cicli e favorire la collaborazione tra imprese e stakeholder del territorio.
- Il progetto Clim'Foot per calcolare e ridurre le emissioni carboniche.
- I delegati hanno mostrato reale interesse per il **calcolo** delle emissioni di CO_2 **finalizzato** alle azioni da intraprendere per **ridurre le emissioni anche con scelte attente all'uso delle risorse**; per l'acquisizione di **nuove conoscenze/competenze**; per le opportunità di **creare interessanti network collaborativi** e condividere le diverse esperienze; iniziare **percorsi di certificazione.**
- Tra gli obiettivi, quello di intraprendere **nuovi percorsi professionali nel mondo della certificazione e della valutazione ambientale (valutatori, ispettori, certificatori di enti terzi, ecc....).** Il progetto ha consentito di formare personale delle P.A., Città Metropolitane, Arpa, ed è stato valutato come un valido strumento per orientare scelte di politiche pubbliche.
- Hanno partecipato 17 Organizzazioni per 27 delegati convolti in un programma volontario per il calcolo dell'impronta carbonica. È stata svolta un'imponente attività di formazione presso queste aziende con tool formativi specifici, software di calcolo, e momenti di formazione «face to face».
- Progetto Villa San Martino District (Pesaro) finanziato da EIT-Climate KIC (2018) con l'obiettivo di Identificare un percorso sistemico per un distretto di Pesaro a zero emissioni, attraverso: i) Definizione di un piano d'azione per la rigenerazione del quartiere; ii) Riqualificazione energetica di abitazioni e scuole; iii) Riqualificazione delle aree verdi; iv) Percorso partecipativo con gli stakeholders locali (istituzioni, imprese, associazioni locali, scuole e cittadinanza).
- Roveri Smart Village (2017). Obiettivo: accompagnare e sostenere la transizione e la rigenerazione «sostenibile» di un'area industriale esistente, tramite un modello esportabile di «miglioramento» della qualità della vita e del sistema produttivo.
- (Info: http://www.tecnopolo.enea.it/tecnopolo/defaultROVERI.asp?lingua=it)
- ***Turismo Sostenibile:*** I progetti, grazie al coinvolgimento di enti locali, prevedevano percorsi formativi per lo sviluppo delle competenze degli operatori turistici come responsabilità sociale, protezione dell'ambiente, gestione dell'acqua, dei rifiuti e dell'energia.
- **Progetto Egadi** (2011- 2013). Comune di Favignana, coinvolte 53 aziende. 4 anni dopo la chiusura del progetto, il marchio, gestito da attori locali, ha incrementato il numero di adesioni da 53 a circa

100 imprese. Il progetto ha vinto il premio *Smart Communities SMAU 2015*.

- **Progetto Stratus** (2017-2019). Coinvolte 46 aziende in totale nei territori delle Cinque Terre in Liguria e dell'area protetta sarda di Capo Carbonara.

FORMAZIONE DELLE COMPETENZE IN ECONOMIA CIRCOLARE, UNIVERSITA' DI PISA

Dal punto di vista della formazione, presso l'Università di Pisa sono stati introdotti diversi **insegnamenti curriculari** all'interno dei corsi di laurea inerenti alla sostenibilità e all'economia circolare.

Innanzitutto, è stato attivato a partire dall'a.a. 2020-2021, un insegnamento trasversale, ossia offerto a tutti gli studenti dell'ateneo:

- "L'Agenda 2030 e gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile". L'insegnamento introduce il concetto di sviluppo sostenibile come articolato nei 17 obiettivi (SDGs) dell'Agenda 2030 e mira a fornire le basi per comprendere i problemi collegati alla sostenibilità, con un approccio multidisciplinare. L'insegnamento si propone di consentire l'apprendimento della dimensione economica, ambientale e sociale del concetto di Sviluppo Sostenibile e la conoscenza del ruolo delle imprese, della tecnologia e delle istituzioni pubbliche nel perseguimento degli obiettivi dell'Agenda 2030

Vi sono inoltre numerosi insegnamenti specifici all'interno dei singoli corsi di studio, quali:

- "Chimica per lo sviluppo sostenibile" del corso di laurea magistrale in Chimica Industriale. L'insegnamento si intende fornire una panoramica approfondita sulle problematiche relative al consumo delle risorse ed alla contaminazione ambientale nel ciclo produttivo e di "vita utile" di prodotti chimici e materiali, e di presentare alcuni dei principali approcci per una chimica sostenibile, soprattutto a partire da risorse rinnovabili.
  Il programma comprende una serie di argomenti raggruppabili in 4 macrotematiche: 1) Chimica verde, metriche chimiche e indicatori di impatto; 2) Fonti energetiche e tecnologie per la produzione, la conversione e l'immagazzinamento dell'energia; 3) Ciclo di vita dei materiali (metodologia LCA -Life Cycle Assessment per la valutazione quantitativa della sostenibilità; gestione del fine vita e delle opzioni tecnologiche per la riduzione degli scarti); 4) Verso una nuova "Green economy". Il corso illustra i criteri per la riprogettazione o realizzazione ex-novo sia di processi chimici che di materiali basati su risorse rinnovabili e/o su tecnologie in grado di influire sul miglioramento di prestazioni, rese e impatti ambientali. L'approccio olistico alle problematiche industriali è associato ai concetti ed alle procedure LCA (Life Cycle Assessment).
- "Analisi della sostenibilità dei processi industriali" nel corso di laurea magistrale in Ingegneria Chimica – L'insegnamento fornisce allo studente le conoscenze, le metodologie e gli strumenti per l'analisi di sostenibilità di processi chimici industriali, attraverso un approccio integrato fra simulazione di processo e valutazione degli impatti ambientali. A tal fine l'insegnamento illustra la metodologia LCA secondo le normative della serie ISO 14040, e fornisce una conoscenza approndita delle tecniche di simulazione di processi industriali complessi, orientate alla valutazione dei Key Performance Indicators (KPI) necessari alla valutazione di impatto. Oltre a ciò, sono discussi strumenti di ottimizzazione delle prestazioni ambientali, attraverso la variazione dei parametri di processo sulla base dei risultati dell'analisi di impatto ambientale.
- "Sustainability and circular economy" nel corso di laurea magistrale in Tecnologia e Produzione della Carta e Del Cartone – L'insegnamento intende far conoscere ed applicare le metodologie di analisi dei processi produttivi e del consumo con l'obiettivo di un migliore utilizzo delle risorse , verso un approccio circolare (rifiuto come risorsa) invece che lineare, basato sull'uso efficiente dei prodotti piuttosto che sul consumo; sulla valorizzazione degli scarti dei consumi, sull'estensione del ciclo di vita dei prodotti, sulla condivisione delle risorse e l'impiego di

materie prime da riciclo; valorizzazione dei rifiuti biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera; e dei rifiuti abiotici, destinati ad essere recuperati e riciclati.
- "Ecological footprint of agricultural products and processes" nel corso di laurea magistrale in Sistemi Agricoli Sostenibili. L'insegnamento ha l'obiettivo di mettere lo studente in grado di applicare le principali metodologie di calcolo dell'impronta ecologica dei prodotti e dei processi agricoli.
- "Waste reduction strategies in agricultural systems" nel corso di laurea magistrale in Sistemi Agricoli Sostenibili. L'insegnamento intende fornire agli studenti le competenze e gli strumenti per sviluppare un progetto di intervento in ambito della riduzione del consumo di risorse e della valorizzazione dei residui agro-alimentari in ambito aziendale o territoriale.
- "Uso e riciclo della biomassa" nel corso di laurea magistrale in Sistemi Agricoli Sostenibili. L'insegnamento si propone di fornire le competenze per la comprensione e gestione dei processi di conversione termochimica, biologica e meccanica della biomassa nonché le applicazioni più innovative nel campo dell'economia circolare connessa al riutilizzo gi biomasse derivanti da filiere agricolo-industriali, forestali e residui municipali.
- "Gestione Dei rifiuti e bonifica dei siti contaminati" nel corso di laurea magistrale in Ingegneria delle Infrastrutture Civili e dell'Ambiente. L'insegnamento intende offire conoscenza dei fenomeni di inquinamento del suolo e degli ecosistemi terrestri nonché delle principali tecniche di gestione, trattamento e smaltimento dei rifiuti e di bonifica. Viene analizzata anche la normativa nazionale ed europea vigente
- "Valutazione di impatto ambientale" nel corso di laurea magistrale in Ingegneria delle Infrastrutture Civili e dell'Ambiente. L'insegnamento è incentrato sulla procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) fornendo conoscenze sulla normativa (europea, nazionale e regionale), l'iter amministrativo, la scrittura del documento di studio di impatto ambientale e gli strumenti per la valutazione degli impatti. Altri argomenti trattati sono: valutazione ambientale strategica, valutazione di incidenza e la prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) oltre i procedimenti autorizzativi correlati (AIA, AUA). Sono illustrati gli strumenti di valutazione principali, ad esempio, analisi multicriteriale, e analisi del ciclo di vita, con applicazioni a casi di studio reali.

È inoltre presente un **master di II livello** dell'Università di Pisa su:
- "Sviluppo Sostenibile e Cambiamento Climatico", della durata di un anno, rivolto a professionisti e neolaureati in possesso di laurea magistrale di tutte le discipline. Il percorso didattico/pratico punta a offrire una preparazione multidisciplinare in termini di analisi, progettazione e gestione di attività ecosostenibili fornendo una panoramica completa degli argomenti inerenti la gestione sostenibile delle risorse da un punto di vista ambientale, economico, sociale ed energetico. Tra le attività svolte all'interno del master, sono previsti e affrontati Hackathon quali quello svolto nel 2022 su "Economia circolare: il caso dei rifiuti urbani".

A livello di **formazione avanzata**, presso l'Università di Pisa sono state attivate:
- n.62 **borse di dottorato di ricerca** PON 2014-2020 "Ricerca e Innovazione" nel 2022, su tematiche green, incentrate cioè su temi orientati alla conservazione dell'ecosistema, alla biodiversità, nonché alla riduzione degli impatti del cambiamento climatico e alla promozione di uno sviluppo sostenibile. Tali dottorati prevedono un periodo di ricerca presso un'impresa.
- n.82 **borse di dottorato di ricerca** PNRR, delle quali n.2 borse 351, Investimento 3.4 "Transizioni digitali e ambientali" e n.37 borse 352 su Investimento 3.3 "Dottorati innovativi che rispondono ai fabbisogni di innovazione delle imprese".
- n.37 posizioni di **Ricercatore a tempo determinato**

di tipo Junior RTDA PON 2014-2020 "Ricerca e Innovazione" nel 2022, su tematiche green e che prevedono un periodo di ricerca presso un'impresa. Molte delle posizioni sono strettamente inerenti all'economia circolare, se ne riportano alcune con il relativo ambito disciplinare:

- Biologia "Analisi del rischio per la salute umana e per l'ambiente, legato alla depurazione dei liquami ed alle prospettive per il loro riutilizzo";
- Chimica e Chimica Industriale "Processi green per la valorizzazione catalitica e bio-catalitica di prodotti di scarto industriali in una prospettiva di economia circolare";
- Economia e Management "Coesione Sociale nella Transizione Ecologica (Ecoesione)";
- Economia e Management "Lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione per la resilienza e la sostenibilità del settore agroalimentare italiano"
- Farmacia "Identificazione di nuovi candidati terapeutici per proteinopatie neurodegenerative, attraverso l'ottimizzazione dell'utilizzo della risorsa plasma da donazioni."
- Farmacia "Sviluppo di una piattaforma tecnologica per lo studio delle proprietà nutraceutiche di biomolecole e biomateriali presenti negli scarti derivanti dalla filiera dei prodotti alimentari"
- Giurisprudenza "Rivoluzione verde e transizione ecologica: tra indirizzo politico e nuovo contratto sociale"
- Giurisprudenza "Green deal: politiche fiscali e sviluppo sostenibile delle imprese agricole"
- Ingegneria Civile e Industriale "Biomateriali e tecnologie circolari per la transizione ecologica del settore delle costruzioni stradali"
- Ingegneria Civile e Industriale "Da Rifiuto a Risorsa: Industria a "scarto zero""
- Scienze Agrarie Alimentari ed Agro-ambientali" Approcci ecosostenibili in pre- e post-raccolta per incrementare la produzione, migliorare la qualità nutrizionale-nutraceutica e ridurre gli sprechi di prodotti ortofrutticoli"

Inoltre l'Università di Pisa aderisce al **Dottorato di Interesse Nazionale** su "Sustainable Development and Climate Change" (https://www.phd-sdc.it/) che affronta i temi della circolarità e della sostenibilità.

A livello di **formazione continua**, si cita l'esempio di un corso di perfezionamento in "Automotive Electronics and Powertrain Electrification", comprendente quasi 500 ore di lezioni e laboratori, erogato nel 2020 dall'Università di Pisa ad oltre 100 dipendenti di un'azienda del settore automotive del territorio pisano. Il corso, promosso dalla Regione Toscana e Unione Industriali Pisana, aveva lo scopo di fornire al personale le competenze chiave per affrontare le sfide poste dalla mobilità smart e sostenibile e rendere possibile la riconversione del sito produttivo verso l'elettrificazione dei veicoli.

Il tema dell'economia circolare vede l'Università di Pisa impegnata anche sul fronte di numerose attività e progetti di ricerca. Si riporta a titolo di esempio come un dipartimento dell'Università di Pisa sia consulente per la Regione Toscana nei tavoli sull'economia circolare degli 11 distretti produttivi del territorio con lo scopo di studiarne gli indici di circolarità. da sottolineare come le attività di ricerca sull'economia circolare siano trasversali e multidisciplinari, non solo inerenti le aree tecnico-scientifiche. Un esempio in tal senso è fornito dal progetto di ricerca di ateneo Ateneo (PRA) 2023-24 "Ordinamenti giuridici contemporanei e transizione al modello economico circolare".

Al fine di consolidare e rendere più efficaci le azioni nella formazione, ricerca e terza missione, l'Università di Pisa ha fortemente inserito la cultura della sostenibilità nel proprio statuto, nel piano strategico e in altri documenti di programmazione. A ciò va ad aggiungersi l'adesione alla Rete delle Università per lo Sviluppo Sostenibile, dove partecipa con i propri delegati ai tavoli di lavoro sulle principali problematiche legate alla sostenibilità per elaborare nuove soluzioni e avviare buone pratiche. A livello di organigramma, è presente un Prorettore per lo "Sviluppo Sostenibile e Agenda 2030" e una "Commissione per la Sostenibilità di Ateneo" che coordinano varie attività all'interno dell'ateneo.

www.airi.it