

RAPPORTO OSSERVATORIO
INNOV-E 2026

L'INNOVAZIONE ENERGETICA: ACCELERATORE DELLA TRANSIZIONE E DELLA COMPETITIVITÀ

LUGLIO 2026



RAPPORTO OSSERVATORIO
INNOV-E 2026

L'INNOVAZIONE ENERGETICA: ACCELERATORE DELLA TRANSIZIONE E DELLA COMPETITIVITÀ

LUGLIO 2026



COORDINATORE SCIENTIFICO

Antonio Sileo

AUTORI

Beatrice Ala
Cristina Orlando
Antonio Sileo

RINGRAZIAMENTI A

Stefano Besseghini per il supporto al capitolo:

“Analisi delle strategie industriali desumibili dall’analisi brevettuale di lungo periodo”

Monica Bonacina e Valerio Vinco della Fondazione Eni Enrico Mattei per il capitolo:

“Mobilità sostenibile: l’elettrificazione corre, la decarbonizzazione stenta”

Edoardo Lisi per il paragrafo “Anche il motorsport corre verso la decarbonizzazione”

Giuseppe Palazzo del Dipartimento Sviluppo sostenibile e Fonti Energetiche RSE per il capitolo:

“La cooperazione europea per l’innovazione: il nuovo EU Strategic Energy Technology Plan”

Luca Giagnoni, Partner presso Giovannelli Masi Cecconi & Associati per la postfazione:

“Rinnovabili: investimenti abbondanti, regole incerte”

Gloria Marcotullio e Paola Sesti per i preziosi spunti e suggerimenti

I-Com Edizioni

© 2026 I-Com servizi srl

ISBN 9791280680228

Luglio 2026

INTRODUZIONE

Il Rapporto I-Com sull'innovazione energetica è giunto alla diciottesima edizione. Come di consueto, abbiamo cercato di proseguire un'attività avviata nel 2009 e, di anno in anno, aggiornata e adattata a un contesto sempre più stabilmente mutevole: un ossimoro che continua a descrivere con precisione quanto accade intorno a noi. Dall'edizione precedente il quadro geopolitico non si è certo disteso: il deterioramento dei rapporti commerciali internazionali, con l'escalation tariffaria avviata dall'amministrazione americana, i conflitti sempre più aperti, e le ripercussioni sui mercati globali, hanno aggiunto nuove variabili di incertezza a un sistema energetico che stentava già a trovare un equilibrio stabile. La domanda che ci stiamo ponendo ormai da qualche anno – cosa succederà alla transizione ambientale ed energetica? – non ha ancora trovato risposta compiuta. Ma crediamo, come allora, che indipendentemente da quanto costerà, la transizione sarà guidata dall'innovazione, che contribuirà anche a contenerne i costi.

Nelle pagine che seguono cercheremo di offrire, come di consueto, una panoramica inevitabilmente parziale ma, ci auguriamo, non troppo sfocata. Abbiamo confermato le analisi ormai consolidate sui brevetti energetici – qui divise in due capitoli distinti, dedicati rispettivamente al quadro generale e, per la prima volta, ai profili dei depositari italiani – e un capitolo specifico sui brevetti per la mobilità elettrificata. Abbiamo poi dedicato un capitolo al tema dell'avvento dei robot e dell'automazione industriale, provando a capirne le prime implicazioni energetiche. Politiche ed evoluzioni sulla mobilità sostenibile occupano, come d'abitudine, uno specifico spazio: quest'anno con una chiave di lettura che affianca alla corsa dell'elettrificazione – più lenta del previsto – la faticosa decarbonizzazione dei trasporti stradali. Tornano in questa edizione il capitolo sulla cooperazione europea per l'innovazione, aggiornato alla luce del nuovo *EU Strategic Energy Technology Plan*, e quello sui lavori verdi, intesi come competenze e professioni per la decarbonizzazione. Per la prima volta, inoltre, avviciniamo il tema della cattura, utilizzo e stoccaggio della CO₂ in Italia, un ambito che acquista rilevanza crescente nel dibattito di policy. Chiude il rapporto il consueto capitolo sulle start-up innovative energetiche italiane. Mentre la postfazione è dedicata alle rinnovabili e alle nuove spinte, regolatorie, finanziarie, tecnologiche, non sempre convergenti che ne condizionano la crescita.

Resta, anche in questa edizione, il convincimento di fondo che affinché le cose possano cambiare in meglio sia necessario un collaborativo impegno dei soggetti pubblici e delle imprese, in una ricerca continua di nuove soluzioni sistemiche – ma anche di nuove visioni e traguardi, naturalmente sostenibili. Le scadenze si avvicinano, e il continuo rilancio degli obiettivi, privo di un'adeguata riflessione sui mezzi e sui tempi della realtà, non crediamo produca grandi risultati.

Come nelle edizioni precedenti, abbiamo coinvolto ricercatori esperti e analisti più giovani, e ci pare che tutti si siano appassionati, cimentandosi in non facili raccolte di dati, elaborazioni e considerazioni originali. Quest'anno, più dello scorso, abbiamo provato a fare e fatto ricorso a vari aiuti artificiali, mettendoli sovente in competizione tra loro, con esiti, come dire, migliorabili (e che sicuramente miglioreranno).

Ad ogni modo, come da tradizione, la responsabilità per eventuali errori o imprecisioni è interamente del curatore. Buona lettura, che sia rapida o approfondita: il rapporto dovrebbe prestarsi a entrambi i modi.

INDICE

EXECUTIVE SUMMARY

7

CAPITOLO 1

I BREVETTI ENERGETICI PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

17

- 1.1. Canoni metodologici 19
- 1.2. Panoramica mondiale dell'attività brevettuale 21
- 1.3. Riduzione delle emissioni: i brevetti 26
- 1.4. I dati italiani 33

CAPITOLO 2

ANALISI DELLE STRATEGIE INDUSTRIALI DESUMIBILI DALL'ANALISI BREVETTUALE DI LUNGO PERIODO

37

- 2.1. Premessa metodologica e perimetro dell'analisi 39
- 2.2. Il panorama aggregato: struttura e concentrazione dell'innovazione energetica italiana 40
- 2.3. Analisi settoriale: strategie brevettuali per tecnologia 42
- 2.4. La struttura della titolarità: grandi attori, strategie di portafoglio e dinamiche competitive 48
- 2.5. Filoni trasversali di sviluppo e implicazioni strategiche 50

CAPITOLO 3

I BREVETTI PER LA MOBILITÀ ELETTRIFICATA

53

- 3.1. Introduzione e approccio metodologico 55
- 3.2. Brevetti e tecnologie per la mobilità sostenibile: il contesto globale 56
- 3.3. Il quadro dei brevetti italiani 62

CAPITOLO 4

NUOVI CONSUMI ENERGETICI PER L'AVVENTO DEI ROBOT

67

- 4.1. Introduzione: la nuova domanda elettrica della "physical AI" 69
- 4.2. La crescita della robotica: industria, servizi e umanoidi 70
- 4.3. Automazione industriale e robotica umanoide: la corsa è iniziata 70
- 4.4. Dove nasce il nuovo consumo energetico 72
- 4.5. Un ordine di grandezza 74
- 4.6. Robot e data center: un legame da non sottovalutare 74
- 4.7. Efficienza: i robot consumano, ma possono anche far risparmiare energia 75
- 4.8. Manifattura, logistica, sanità e rete elettrica 76
- 4.9. Spunti per una robotica energeticamente sostenibile 76
- 4.10. Una domanda aperta 77

CAPITOLO 5

MOBILITÀ SOSTENIBILE: L'ELETTRIFICAZIONE CORRE, LA DECARBONIZZAZIONE STENTA

79

- 5.1. Un dibattito autoriferito 81
- 5.2. Il disallineamento tra offerta e domanda 82
- 5.3. Le ibride plug-in non sono così di passaggio 83
- 5.4. Le auto incrementali non accelerano la decarbonizzazione 84
- 5.5. Il mistero del parco circolante italiano 86
- 5.6. Più attenzione ai consumi 86
- 5.7. Anche il motorsport corre verso la decarbonizzazione* 88
- 5.8. Le biciclette continuano a frenare 89
- 5.9. L'Industrial Accelerator Act e la sfida della neutralità tecnologica 90

CAPITOLO 6		
LA COOPERAZIONE EUROPEA PER L'INNOVAZIONE: IL NUOVO EU STRATEGIC ENERGY TECHNOLOGY PLAN	93	
6.1. Introduzione: potere e potere	95	8.2. L'innovazione al centro: brevetti e normative in Italia e nel mondo 130
6.2. Il vero potere che genera prospettive è quello della cooperazione	96	8.3. Potenziale nel territorio italiano 134
6.3. Gli obiettivi cooperativi UE	98	8.4. Il progetto Ravenna CCS 136
6.4. Allinearsi tra stakeholder, dalle imprese ai cittadini	105	8.5. Un hub per il Sud Europa e per una filiera nazionale 139
		8.6. Considerazioni finali 142
CAPITOLO 7		CAPITOLO 9
LAVORI VERDI: COMPETENZE E PROFESSIONI PER LA DECARBONIZZAZIONE	109	L'EVOLUZIONE DELL'ECOSISTEMA DELLE START-UP INNOVATIVE E IN AMBITO ENERGETICO
7.1. Introduzione	111	9.1. Introduzione 147
7.2. Il quadro globale ed europeo	112	9.2. L'evoluzione temporale 148
7.3. Lavori e competenze verdi nel territorio italiano	116	9.3. La distribuzione geografica 150
7.4. Considerazioni finali	122	9.4. Composizione per attività 155
		9.5. Composizione per dimensione 156
		9.6. L'attività brevettuale 163
CAPITOLO 8		CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE
CATTURA, STOCCAGGIO E UTILIZZO DELLA CO₂ IN ITALIA	125	169
8.1. Il contributo di CCS e CCUS alla riduzione delle emissioni	127	POSTFAZIONE**
		RINNOVABILI: INVESTIMENTI ABBONDANTI, REGOLE INCERTE
		175
		BIBLIOGRAFIA
		180

Il presente rapporto, come da tradizione, è frutto di un lavoro più corale che collettaneo, tuttavia i capitoli che lo costituiscono possono essere attribuiti così come segue: il primo a Cristina Orlando, il secondo a Stefano Besseghini e Antonio Sileo, il terzo a Cristina Orlando, il quarto a Cristina Orlando e Antonio Sileo, il quinto a Monica Bonacina, Antonio Sileo e Valerio Vinco, il sesto a Giuseppe Palazzo, il settimo a Cristina Orlando, l'ottavo a Beatrice Ala e Cristina Orlando, il nono a Beatrice Ala

*Edoardo Lisi **Luca Giagnoni

EXECUTIVE SUMMARY

Il **capitolo 1** prosegue la metodologia introdotta nel 2019, incrociando due fonti complementari: WIPO IP Statistics per la fotografia complessiva dell'attività brevettuale mondiale e del settore "Electric machinery, apparatus, energy", e PatStat (EPO) per l'analisi di dettaglio sui brevetti Y02E, la famiglia CPC dedicata alle tecnologie per la mitigazione del cambiamento climatico in ambito energetico. La scelta di contare solo i brevetti concessi, e non le domande, risponde all'esigenza di isolare le innovazioni che hanno superato i criteri di novità e applicabilità industriale, riducendo le distorsioni legate a uffici brevettuali con standard valutativi meno rigorosi e ai ritardi amministrativi nei dati più recenti.

A livello mondiale l'attività brevettuale complessiva continua a crescere, con un +2,8% nel 2024 sul 2023 e un CAGR 2010-2024 del 5,2%, una tendenza che la pandemia non è riuscita a intaccare. La Cina consolida ulteriormente la propria leadership, superando per la prima volta il milione di brevetti concessi in un solo anno e arrivando al 45% del totale mondiale, quattro punti percentuali in più rispetto al 2023, mentre quasi tutti gli altri Paesi del campione, con la sola eccezione dell'India, registrano un calo. Il comparto energetico in senso lato cresce a un ritmo ancora più sostenuto, +14,8% nel 2024, trainato quasi interamente dalla Cina, la cui crescita nel settore ha toccato il 36% in un solo anno, mentre Giappone e Stati Uniti, un tempo protagonisti, continuano a perdere terreno rispetto ai livelli del 2010.

Concentrandosi sul sottoinsieme Y02E, la fotografia del 2024 mostra invece una flessione generale delle concessioni rispetto a un 2023 particolarmente favorevole, con l'unica eccezione delle tecnologie di accumulo, che restano il comparto più dinamico e il

meno colpito dal rallentamento. Sul piano geografico il cambiamento rispetto al 2010 è radicale: se un tempo il settore era diviso tra Stati Uniti, Giappone e Corea del Sud, oggi la Cina domina quasi ogni singola famiglia tecnologica, con il 59% dei brevetti concessi in questa categoria, lasciando spazio agli Stati Uniti solo nella cattura delle emissioni e in un ambito residuale come le "altre rinnovabili". L'Europa, nel suo complesso, ha perso ogni forma di specializzazione rilevante, mantenendo una presenza significativa solo in pochi ambiti come eolico e solare termodinamico, e comunque sempre sotto quote marginali. L'Italia si conferma un attore di nicchia ma con una traiettoria comunque positiva, passando da 287 a 328 brevetti tra il 2010 e il 2024, un +14%, superiore alla media europea. Più interessante è l'evoluzione della composizione interna: l'idrogeno, che nel 2010 pesava per il 40% dei brevetti italiani, ha progressivamente ceduto spazio a un mix più eterogeneo guidato oggi dalle tecnologie di accumulo, seguite da fotovoltaico e produzione di combustibili non fossili, mentre il nucleare è scivolato verso un'innovazione pressoché nulla. Sul piano dei soggetti brevettanti, si osserva un cambiamento strutturale: dal 2017 il peso degli individui si è ridotto drasticamente a favore delle imprese, che oggi rappresentano circa il 60% dei brevetti concessi, mentre università, enti governativi e no profit mantengono un ruolo stabile ma marginale.

Il **capitolo 2** approfondisce il portafoglio brevettuale italiano di lungo periodo nel settore energetico (4.975 brevetti, 1980-2024, classi Y02E/Y02C), adottando una metodologia *content-based* che classifica i brevetti in 17 categorie tecnologiche superando i limiti della sola codifica CPC. La struttura è fortemente asimmetrica: celle a combustibile, batterie, fotovoltaico al silicio, bioenergia ed eolico concentrano il 61% del totale, riflettendo la storica specializzazione italiana in elettrochimica, chimica industriale e meccanica di precisione. L'attività innovativa segue

un ciclo a campana con apice nel 2008-2012, trainato dagli incentivi del Conto Energia, seguito da un rallentamento dopo il 2013.

L'analisi settoriale distingue tra comparti frammentati, tipici di tecnologie mature o soggette a boom incentivati e rapido ingresso di nuovi attori (fotovoltaico, eolico, celle a combustibile), e comparti fortemente concentrati attorno a singoli leader tecnologici, come l'elettrolisi dominata da Industrie De Nora, le smart grid presidiate da Pirelli/Prysmian sui cavi superconduttori, o l'eolico polarizzato dalla tecnologia radicale di Kite Gen. Emergono tre strategie di portafoglio distinte tra i grandi attori: ENI persegue una diversificazione ampia ma poco concentrata su più tecnologie senza affermare una leadership riconosciuta in nessuna; De Nora costruisce una verticalizzazione profonda nell'elettrochimica degli elettrodi, applicata coerentemente a elettrolisi, batterie e fuel cell; Ansaldo (insieme a Nuovo Pignone) presidia la filiera termomeccanica ad alta temperatura, dalle turbine a gas al nucleare.

Sono individuate due criticità trasversali. La prima è la dipendenza ciclica dagli incentivi pubblici, che genera portafogli brevettuali "di ciclo" difficili da valorizzare commercialmente una volta terminato il sostegno regolatorio, con l'eccezione dei settori guidati da dinamiche di mercato internazionali (bioenergia, cattura CO₂, idrogeno). La seconda è il divario tra numerosità brevettuale e capacità industriale effettiva: l'Italia brevetta attivamente in fotovoltaico, eolico e batterie senza però disporre di produttori competitivi a valle, eccetto i casi di successo di De Nora, Magaldi e Ansaldo, accomunati da continuità strategica e mercati globali non incentivo-dipendenti.

Il confronto con i dati internazionali del capitolo 1 conferma la marginalità italiana nel confronto globale (1-2% dei brevetti mondiali Y02E) e la sistematica assenza dalle tecnologie di sistema dominate da Cina e Corea, pur rilevando nicchie di competenza

autentica e segnali di riposizionamento verso idrogeno verde, CCS e circolarità delle materie critiche, ambiti in cui l'Europa mantiene margini di differenziazione competitiva rispetto all'Asia.

Nel **capitolo 3** si analizza l'attività brevettuale nel campo della mobilità sostenibile attraverso dati PatStat, concentrandosi su cinque tecnologie chiave – veicoli ibridi, veicoli elettrici, energy storage, stazioni di ricarica e tecnologie a idrogeno, incluse le fuel cell – e su un campione di nove Paesi: Cina, Stati Uniti, Giappone, Corea del Sud, Germania, Regno Unito, Francia, Italia e India. Come nelle edizioni precedenti, viene ricordato il limite strutturale della fonte, aggiornata semestralmente e caratterizzata da un ritardo di circa quattro anni nella disponibilità dei dati consolidati, motivo per cui le annualità più recenti, in particolare il 2024, vanno considerate provvisorie.

A livello globale l'energy storage si conferma la tecnologia di gran lunga più brevettata, con oltre 8.000 brevetti concessi nel 2024 e una crescita del 142% rispetto al 2015, ben oltre le altre categorie considerate. I veicoli elettrici mostrano la seconda dinamica più vivace, con un incremento del 106% nello stesso periodo, mentre i veicoli ibridi sono l'unica tecnologia in contrazione, segno di una transizione ormai avviata verso soluzioni pienamente elettriche. Le tecnologie a idrogeno e le stazioni di ricarica, pur restando su volumi più contenuti, registrano comunque incrementi significativi.

Il vero elemento di rottura è però la traiettoria cinese: da appena 225 brevetti nel 2015 a 3.397 nel 2024, una crescita superiore all'1.400%, che porta la Cina a coprire il 38% del totale del campione e a scalzare il Giappone dalla posizione di leader storico, quest'ultimo in calo del 41% nello stesso periodo. Stati Uniti e Corea del Sud restano gli unici competitor credibili in grado di crescere in parallelo alla Cina, mentre il quadro europeo appare più arretrato, con la Germania come riferimento continen-

tale grazie a una crescita del 76% e a un patrimonio di oltre mille brevetti nel 2024. Tra il 2023 e il 2024 si osserva comunque, su dati ancora parziali, una flessione generale del 17,2%, dovuta soprattutto al calo dell'energy storage, con la sola eccezione dei veicoli elettrici che mostrano una tenuta e una lieve crescita, a conferma della loro affermazione come tecnologia di frontiera.

Sul fronte italiano l'attività brevettuale mostra una tendenza di fondo positiva, con 643 brevetti complessivi depositati tra il 2012 e il 2024 e una crescita del 24% nell'ultimo anno disponibile, per un CAGR del 4%. A differenza della gran parte degli altri Paesi del campione, in Italia non prevale l'energy storage bensì una combinazione quasi paritaria tra energy storage e veicoli ibridi, che insieme concentrano l'88% dell'attività brevettuale nazionale; nel tempo, peraltro, il peso dell'accumulo si è ridotto sensibilmente a vantaggio proprio degli ibridi e, in misura più contenuta, di veicoli elettrici e stazioni di ricarica, mentre l'idrogeno perde progressivamente rilevanza. L'innovazione italiana in questo campo resta un fenomeno quasi esclusivamente imprenditoriale, con le imprese che generano la stragrande maggioranza dei brevetti, a fronte di un ruolo sempre più marginale delle persone fisiche e di un apporto residuale di università ed enti pubblici.

L'avvento della robotica avanzata, inclusi robot industriali, collaborativi, mobili, medicali e umanoidi, introduce un nuovo fronte di domanda elettrica legato alla cosiddetta physical AI. Il consumo dei robot non va valutato solo in termini di energia assorbita dalla singola macchina, ma come parte di un ecosistema più ampio che comprende sensori, attuatori, batterie, sistemi di ricarica, edge computing, data center, digital twin, infrastrutture di rete e continuità operativa. Su scala aggregata, i consumi diretti della robotica industriale appaiono inferiori rispetto ad altri driver della crescita elettrica, come data center, mobilità elettrica o climatizzazione; tuttavia,

il loro impatto può diventare significativo a livello di sito produttivo, distretto industriale, magazzino automatizzato, ospedale o nodo logistico.

Il **capitolo 4** evidenzia come la robotica possa essere al tempo stesso un nuovo carico elettrico e una leva di efficienza. Se progettata e integrata correttamente, può ridurre scarti, tempi morti, rilavorazioni, movimentazioni inefficienti e rischi operativi, migliorando la produttività energetica complessiva. La sfida non è quindi impedire la crescita dei consumi associati ai robot, cosa di fatto impraticabile in mancanza di governo mondiale, ma (almeno) renderli misurabili, programmabili, efficienti e coerenti con un sistema elettrico sempre più rinnovabile, digitale e flessibile. In questa prospettiva, diventano centrali la definizione di metriche energetiche per unità di servizio, la standardizzazione dei consumi, l'integrazione con accumuli e fonti rinnovabili, la gestione intelligente delle ricariche e la formazione di competenze ibride tra automazione, energia e digitale. La domanda "nuovi consumi energetici per l'avvento dei robot?" trova quindi una risposta affermativa, ma non necessariamente allarmistica. Sì, la robotica creerà nuovi consumi elettrici. No, non saranno inevitabilmente insostenibili. Senza dimenticare che i robot – a differenza, ad esempio, delle auto elettriche – sono un prodotto nuovo che potrà andare incontro a nuovi bisogni, senza doversi confrontare con qualcosa di già funzionante da sostituire. Proprio la difficoltà di sostituzione sta rivelando tutta la complessità che gravita intorno alla decarbonizzazione dei trasporti stradali, anche nell'Unione Europea, nonostante gli stringenti obiettivi e l'impegno delle case automobilistiche.

Nel **capitolo 5**, dedicato alla mobilità sostenibile e alle policy che la caratterizzano, si affronta il tema della lentezza nella diffusione delle autovetture elettriche – lentezza, per meglio dire, relativa alla eccessiva am-

bizione delle norme UE. Le immatricolazioni di vetture elettriche stanno infatti andando mediamente bene, arrivando a superare il 17% di quota di mercato nel 2025: un valore notevole se si considera il loro debutto recente, avvenuto di fatto meno di una quindicina d'anni fa, ma pur sempre inferiore all'ambizioso target necessario per non incorrere nelle sanzioni – inevitabilmente posticipate – previste dalle norme UE. È andata ancora meglio nei primi cinque mesi del 2026, con una quota che ha toccato un notevole 20%, risultato determinato anche dallo stravolgimento dal lato dell'offerta, con tanti modelli tra cui scegliere – tantissimi, in rapporto sia alle altre alimentazioni sia alla domanda stessa. Purtroppo, però, le auto elettriche, come le auto nuove più in generale, si sono finora prevalentemente aggiunte a quelle già in circolazione, senza di fatto sostituirne nessuna. Del parco auto UE, che al 2025 può essere stimato in oltre 263 milioni di automobili, la quota di auto elettriche dovrebbe attestarsi intorno a 7,5 milioni. Nei prossimi anni il numero di auto alimentate da energia elettrica crescerà certamente, e di parecchio; ma perché si possano vantare risultati sul piano della decarbonizzazione è necessario che le auto nuove – e le elettriche in particolare – prendano il posto di quelle già in circolazione. Cosa che, almeno fino ad oggi, non si è di fatto (e affatto) verificata. Non è dunque realistico attendersi effetti a breve e tanto meno risolutivi sul fronte dei consumi di carburante e, di conseguenza, delle emissioni climalteranti (mentre, in Italia come nel resto dell'Unione, anche nel 2025, le vendite di bici sono in calo, anche di quelle a pedalata assistita). Mancano ormai 25 anni all'obiettivo della neutralità climatica al 2050: è indispensabile affiancare alla strategia di elettrificazione e sostituzione altre leve, con un approccio non solo tecnologicamente neutrale ma plurale, poiché quella strategia, già solo per ragioni di tempo, non potrà da sola permetterci di conseguire l'obiettivo.

In un mondo in cui le grandi potenze mettono in di-

scussione l'ordine mondiale e in cui i più forti usano le interdipendenze come strumento di ricatto, dai dazi alle fonti energetiche, emerge in modo chiaro come la cooperazione sia il solo modo con cui gli altri Stati possono avere un peso e tutelare i propri interessi. Tra *"America First"* e *"drill baby drill"* da una parte e il modello cinese dall'altra, l'Europa avrebbe tutte le carte per contribuire a una terza via, una transizione energetica basata sulla collaborazione, sul diritto internazionale e nel rispetto della democrazia. Infatti, la transizione energetica beneficerebbe di una maggior collaborazione, grazie, ad esempio, a politiche industriali che, come spiega la *International Energy Agency*, valorizzino i punti di forza di ciascuno ma che sappiano anche costruire partnership dove è più difficile fare da soli. L'autonomia strategica e la sovranità, insieme a competitività e sicurezza, vanno di pari passo con una transizione energetica realizzata all'insegna della cooperazione, ovvero una transizione che non perda tempo, che riduca le sovrapposizioni e concentri l'impegno verso i principali *gap* tecnologici da colmare in vista dell'obiettivo della neutralità climatica al 2050.

Il **capitolo 6** descrive il coordinamento UE dell'impegno in ricerca e innovazione (R&I), che vede coinvolti, nell'ambito del Strategic Energy Technology Plan (SET Plan), diversi soggetti, di natura accademica, imprenditoriale e istituzionale, a livello nazionale e sovranazionale, in un processo che va dall'identificazione delle innovazioni da perseguire fino ai bandi per il finanziamento di progetti. È importante conoscere il funzionamento di questo coordinamento e parteciparvi. È nell'interesse di tutti gli stakeholder che siano considerati i loro punti di debolezza, le loro esigenze, e anche i loro punti di forza, le loro eccellenze, affinché i bandi che saranno preparati li riflettano, creino opportunità per rispondere alle esigenze e per mettere a frutto le eccellenze, da cui partire per fare innovazione.

Il **capitolo 7** si apre inquadrando il fenomeno dei lavori e delle competenze verdi in uno scenario macroeconomico e geopolitico complesso, segnato da una crescita globale rivista al ribasso, un'inflazione in risalita e una traiettoria delle politiche climatiche meno lineare rispetto al passato, con il ridimensionamento degli incentivi statunitensi e la ricalibratura del Green Deal europeo verso il Clean Industrial Deal. Nonostante questo contesto incerto, alcune tendenze di fondo restano innescate, a partire dall'ingresso in vigore del meccanismo CBAM e dagli investimenti cinesi nelle tecnologie pulite, rendendo comunque rilevante monitorare l'evoluzione della domanda di competenze verdi.

Sul piano globale, i dati LinkedIn mostrano una diffusione delle competenze verdi che continua a crescere ma a un ritmo in decelerazione, raggiungendo il 17,6% della forza lavoro mondiale nel 2025. Il dato più significativo riguarda però il crescente divario tra domanda e offerta: le assunzioni verdi crescono a un ritmo quasi doppio rispetto alla diffusione delle competenze nella forza lavoro, un fenomeno che si conferma da tre rilevazioni consecutive e che premia chi possiede queste competenze con un tasso di assunzione nettamente superiore alla media. In tutti i settori, senza eccezione, la quota di assunzioni verdi supera già la concentrazione di talenti verdi disponibili, con le Utilities in testa alla graduatoria e settori come commercio al dettaglio, servizi finanziari e sanità ancora indietro. Un elemento di svolta è che, per la prima volta, la maggioranza delle assunzioni verdi riguarda ruoli non esplicitamente dedicati alla sostenibilità, segno che le competenze verdi si stanno affermando come una dotazione trasversale piuttosto che come appannaggio di poche figure specializzate; in questo quadro si distingue il settore tecnologico, che pur partendo da una base contenuta mostra la crescita più rapida, spinta dalla necessità di gestire l'intensità energetica dell'intelligenza artificiale e dei data center.

A livello europeo, gli annunci di lavoro online nel settore delle energie rinnovabili raccolti da CEDEFOP mostrano un andamento in tre fasi, dalla contrazione pandemica alla forte espansione del biennio 2021-2022 legata alla crisi energetica e al piano REPowerEU, fino a un progressivo raffreddamento dal 2023 in poi, coerente con l'aumento dei costi di finanziamento. Dietro questa dinamica aggregata si nascondono traiettorie nazionali molto divergenti, con Paesi come Danimarca, Cipro e Finlandia che hanno più che raddoppiato i volumi di annunci e Paesi come Germania e Irlanda in forte contrazione; l'Italia si colloca in una posizione di sostanziale stazionarietà, appena sotto i livelli pre-pandemici, un dato che stride con gli ambiziosi obiettivi di installazione di capacità rinnovabile previsti dal PNIEC e che suggerisce un possibile collo di bottiglia proprio nella fase di accelerazione attesa nei prossimi anni. Per il contesto italiano, l'indagine Excelsior di Unioncamere mostra che nel 2025 i Green jobs rappresentano il 33,6% delle oltre 5,8 milioni di entrate programmate dalle imprese, con una domanda che segue un profilo a campana rispetto alla dimensione aziendale, più intensa nelle imprese di medie dimensioni. La disaggregazione settoriale evidenzia un nettissimo primato dell'industria, dove i lavori verdi arrivano a rappresentare il 70% delle entrate, trainati da costruzioni, metallurgia e fabbricazione di macchinari, mentre nei servizi la quota resta più contenuta e la sostenibilità si traduce più spesso in competenze diffuse che in figure professionali dedicate. Sul piano territoriale, l'incidenza dei lavori verdi segue la geografia industriale del Paese, con i valori più elevati concentrati nell'asse manifatturiero della Pianura Padana, ma senza ricalcare il tradizionale dualismo Nord-Sud. Accanto alla domanda di figure verdi, oltre metà delle imprese italiane investe in competenze verdi, un impegno che si associa a una quota sproporzionatamente alta di contratti attivati complessivamente.

Le conclusioni del capitolo convergono su tre messaggi principali: la domanda di competenze verdi cresce sistematicamente più in fretta dell'offerta, sia a livello globale sia in Italia, dove i lavori verdi risultano più difficili da reperire rispetto alle altre professioni; le competenze verdi si stanno trasformando da dotazione specialistica a componente trasversale della professionalità; e, nonostante i segnali di raffreddamento legati all'incertezza congiunturale e alla ricalibratura delle politiche climatiche, il fenomeno mostra una tenuta strutturale, spostando il vero collo di bottiglia della transizione dal capitale finanziario a quello umano e rendendo prioritario il rafforzamento dei canali tecnico-professionali, a partire dagli ITS Academy.

Il **capitolo 8** analizza il ruolo della Carbon Capture and Storage (CCS), che si sta affermando come una delle principali soluzioni complementari alle fonti rinnovabili, all'elettrificazione e all'efficienza energetica per conseguire gli obiettivi di neutralità climatica. La cattura, il trasporto e lo stoccaggio permanente della CO₂ consentono infatti di intervenire nei settori hard-to-abate, dove una parte rilevante delle emissioni deriva dai processi produttivi e non può essere eliminata attraverso il solo ricorso all'elettrificazione o ai combustibili rinnovabili.

In Italia, nel 2024, una quota rilevante delle emissioni nazionali, pari al 45% del totale (148 MtCO₂eq nel 2024), proviene da comparti hard-to-abate in cui le sole tecnologie convenzionali di decarbonizzazione non sono sufficienti a conseguire gli obiettivi climatici. Si tratta delle industrie energetiche (64 MtCO₂eq), delle attività manifatturiere e delle costruzioni (45 MtCO₂eq), dei processi industriali non energetici (20 MtCO₂eq) e del settore dei rifiuti (19 MtCO₂eq): in questi casi, l'elettrificazione e la sostituzione dei combustibili fossili con fonti rinnovabili risultano spesso insufficienti, tecnicamente non praticabili o economicamente poco sostenibili. In tale

contesto, le tecnologie di Carbon Capture and Storage assumono un ruolo strategico, consentendo di catturare la CO₂ direttamente alla fonte prima del suo rilascio in atmosfera.

L'Italia presenta condizioni potenzialmente favorevoli per lo sviluppo della CCUS. Secondo il MASE, i comparti industriale, termoelettrico e del waste-to-energy hanno generato nel 2022 circa 166 MtCO₂, pari a circa il 40% delle emissioni nazionali, mentre oltre 800 impianti ETS, responsabili di circa 140 MtCO₂, risultano concentrati in pochi grandi poli industriali, facilitando la realizzazione di infrastrutture condivise di trasporto della CO₂. Sul fronte dello stoccaggio geologico della CO₂, il PNIEC 2024 stima una capacità geologica di circa 750 Mt nei giacimenti esauriti, cui si aggiunge un potenziale molto più ampio negli acquiferi salini offshore dell'Adriatico.

In questo contesto si inserisce il progetto Ravenna CCS, oggi l'iniziativa più avanzata della filiera CCS sul territorio nazionale e destinata a diventare il principale hub di stoccaggio del Mediterraneo. La componente di stoccaggio è realizzata nell'ambito di una joint venture paritetica tra Eni e Snam, nella quale Eni ricopre il ruolo di operatore, mentre la componente di trasporto è sviluppata e gestita da Snam. In questa fase, la CO₂ viene catturata dall'impianto di compressione del gas naturale Eni situato a Casalborgorsetti, in provincia di Ravenna, e successivamente iniettata nel campo offshore di Porto Corsini Mare Ovest (PCMW), per un volume stimato fino a circa 25 mila tonnellate l'anno. Dopo l'avvio della prima fase nell'agosto 2024, il progetto punta a raggiungere una capacità di 4 milioni di tonnellate annue (Mtpa) entro il 2030, con una successiva espansione fino a circa 16 Mt annue entro il 2050, grazie allo sviluppo progressivo del Ravenna Hub e della rete di trasporto nazionale.

Il progetto Ravenna CCS presenta una notevole rilevanza anche a livello europeo, essendo parte integrante del progetto CALLISTO, acronimo di "Carbon

Liquefaction, Transportation and Storage” – Mediterranean CO₂ Network, inserito tra i Progetti di Interesse Comune dell’Unione europea, e si configura come infrastruttura aperta al conferimento di CO₂ proveniente sia dall’Italia sia da altri Paesi del Mediterraneo. L’indagine di mercato promossa da Eni e Snam nel 2024 ha raccolto l’interesse di 61 imprese e 172 siti emissivi, corrispondenti a un potenziale di cattura pari a circa 27 MtCO₂ annue entro il 2030, destinato a crescere fino a 34 MtCO₂ nel 2040. Francia, Grecia e altri Paesi dell’Europa meridionale guardano inoltre al polo ravennate come alla principale soluzione di stoccaggio disponibile nel Mediterraneo, rafforzando il ruolo dell’Italia quale futuro esportatore di servizi e infrastrutture per la decarbonizzazione industriale.

Sul fronte dell’innovazione permane invece un margine di crescita. Nel 2024 i brevetti relativi alla cattura, allo stoccaggio e all’utilizzo dei gas serra rappresentano appena l’1% dei brevetti energetici complessivi; Stati Uniti e Cina concentrano il 67% dell’attività brevettuale mondiale, mentre il blocco europeo si posiziona a considerevole distanza (11% del totale). L’Italia si colloca al terzo posto nell’Unione europea (16%), dietro Francia (57%) e Germania (23%). Il completamento del quadro normativo e l’introduzione di meccanismi di sostegno agli investimenti rappresentano quindi condizioni essenziali affinché il vantaggio competitivo derivante dal progetto Ravenna CCS possa tradursi nello sviluppo di una filiera industriale nazionale e in un ruolo strategico dell’Italia nel mercato europeo della gestione della CO₂.

Il **capitolo 9** analizza il ruolo delle start-up innovative, imprese giovani ad alto contenuto tecnologico che rappresentano un indicatore della capacità innovativa e della vitalità del tessuto imprenditoriale nazionale. Grazie al loro elevato potenziale di crescita, esse possono contribuire in maniera significa-

tiva allo sviluppo economico e sociale dei territori in cui operano, favorendo competitività, innovazione e diffusione di nuove tecnologie. Negli ultimi anni il contesto internazionale è stato caratterizzato dal protrarsi delle tensioni geopolitiche, dalla frammentazione degli scambi globali, dall’elevato costo del capitale e da condizioni finanziarie ancora più restrittive, fattori che hanno inciso negativamente anche sull’ecosistema delle start-up innovative. Il capitolo analizza pertanto l’evoluzione temporale, la crescita su base territoriale e il contributo economico e occupazionale di queste imprese, valutandone la capacità di adattamento in un contesto macroeconomico particolarmente complesso. Nel primo trimestre del 2026, secondo i dati InfoCamere, in Italia sono registrate 11.805 start-up innovative, in lieve diminuzione rispetto alle 12.277 del 2025. Di queste, 1.794 operano nel settore energetico, pari a circa il 15,2% del totale. Le regioni del Nord continuano a concentrare il maggior numero di imprese innovative (6.156), seguite dal Sud (3.201) e dal Centro (2.448). A differenza del 2025, tuttavia, la variazione annua risulta negativa nel Nord (-3,2%) e soprattutto nel Sud (-7,5%), mentre il Centro registra ancora una moderata crescita (+1,8%). Anche le start-up energetiche seguono una dinamica analoga: dopo gli elevati tassi di crescita degli anni iniziali, il settore ha subito un progressivo rallentamento. Se negli anni passati il Mezzogiorno aveva mostrato una maggiore capacità di tenuta rispetto al Centro-Nord, nel 2026 registra anch’esso una flessione significativa (-4,1%), mentre il Centro rappresenta l’unica area ancora in crescita (+11,8%). Sotto il profilo geografico, il 52% delle start-up innovative si concentra nel Nord Italia, il 27% nel Sud e il 21% nel Centro. La Lombardia si conferma di gran lunga la principale regione italiana con 3.449 imprese, pari al 29,2% del totale nazionale, seguita dalla Campania (1.519, 12,9%) e dal Lazio (1.333, 11,3%). Una distribuzione analoga caratterizza il comparto energetico, dove il

48% delle start-up opera nel Nord, il 32% nel Sud e il 20% nel Centro. La Lombardia ospita il 25% delle start-up energetiche nazionali, seguita dalla Campania (17%) e dal Lazio (9%). Per quanto riguarda i settori di attività, i servizi rappresentano ormai quasi l'intero ecosistema delle start-up innovative, con l'84,7% delle imprese, seguiti dall'industria e artigianato (11%) e dal commercio (2,5%). Sotto il profilo finanziario permane una forte sottocapitalizzazione: il 60% delle start-up dispone di un capitale inferiore ai 10.000 euro, mentre nel comparto energetico quasi la metà (47,5%) si colloca nella fascia compresa tra 5.000 e 10.000 euro. Anche il valore della produzione rimane generalmente contenuto: il 36,5% delle imprese genera meno di 100.000 euro, sebbene circa il 40% delle società non renda disponibile tale informazione.

L'impatto economico complessivo delle start-up innovative viene stimato tra 932 milioni e 3,1 miliardi di euro, in diminuzione rispetto al 2025. Oltre la metà del valore della produzione continua a essere generata nel Nord Italia, mentre il Sud mantiene un contributo rilevante e superiore a quello del Centro. Anche

il comparto energetico registra una contrazione, con un valore stimato compreso tra 104 e 374 milioni di euro. Dal punto di vista occupazionale permane una limitata presenza femminile. Solo il 14% delle start-up innovative è a maggioranza femminile, quota in lieve diminuzione rispetto al 2025, mentre tra le start-up energetiche tale valore raggiunge il 16,7%. A livello territoriale emergono tuttavia differenze significative: la Calabria presenta la più elevata incidenza di start-up femminili sul totale regionale (17,9%), mentre nel comparto energetico spicca la Basilicata (27,3%), seguita da Abruzzo e Sardegna.

Per quanto riguarda la presenza giovanile, la quota di start-up con maggioranza di soci o amministratori under 35 rimane pari al 15,4% del totale nazionale, mentre nelle start-up energetiche scende al 10,7%, in ulteriore diminuzione rispetto al 2025. A livello regionale, Piemonte, Toscana e Basilicata presentano le incidenze più elevate nel complesso delle start-up innovative, mentre nel comparto energetico i valori maggiori si osservano in Valle d'Aosta, Basilicata e Piemonte, confermando una distribuzione territoriale piuttosto eterogenea.

CAPITOLO 1

I BREVETTI ENERGETICI PER LA RIDUZIONE
DELLE EMISSIONI

1.1. CANONI METODOLOGICI

In linea con quanto fatto nell'edizione 2025, l'analisi degli indicatori dell'attività brevettuale continua ad applicare la metodologia introdotta nel rapporto del 2019. La prima parte si fonda su dati provenienti dal WIPO IP Statistics Data Center, la piattaforma statistica sulla proprietà intellettuale gestita dall'Organizzazione Mondiale per la Proprietà Intellettuale. Si tratta di una fonte di riferimento riconosciuta a livello globale, che offre un accesso strutturato alle statistiche brevettuali internazionali con un elevato livello di granularità e copertura temporale¹.

I dati analizzati riguardano i brevetti depositati e concessi nei singoli Paesi, attribuiti geograficamente sulla base della residenza del primo richiedente. Va precisato che l'eventuale presenza di co-richiedenti non viene considerata nell'analisi, in favore di una rappresentazione territoriale semplificata ma comunque significativa del fenomeno innovativo.

La sezione esamina dapprima il complesso dei brevetti concessi, per poi concentrarsi sul settore energetico in senso lato, identificato nel database WIPO dalla categoria "Electric machinery, apparatus, energy", che raggruppa le innovazioni relative a dispositivi, apparecchiature e tecnologie per la generazione, la trasmissione e l'impiego dell'energia elettrica.

Nella seconda e terza parte del capitolo si ricorre al database PatStat (Worldwide Patent Statistical Database), sviluppato e gestito dall'European Patent Office (EPO)². Anche in questo caso, l'unità di analisi rimane la singola domanda di brevetto, garantendo coerenza metodologica con le sezioni precedenti.

Le analisi basate su PatStat si concentrano sui brevetti relativi a tecnologie per la produzione, la tra-

smissione o la distribuzione di energia con effetti positivi sulla riduzione delle emissioni di gas serra, con particolare attenzione alle sottocategorie più rilevanti e in rapida evoluzione. Gli indicatori si basano sul conteggio dei soli brevetti effettivamente concessi, escludendo le domande ancora in attesa di approvazione. Questa scelta risponde a due ragioni principali.

Da un lato, la concessione introduce un elemento qualitativo che distingue l'invenzione brevettata dalla semplice richiesta: essa attesta il superamento dei criteri di novità, attività inventiva e applicabilità industriale, aumentando la probabilità di una effettiva implementazione sul mercato. Gli indicatori nazionali risultano così parzialmente al riparo dalle distorsioni legate alla facilità con cui vengono presentate domande presso alcuni uffici brevettuali con criteri valutativi meno rigorosi.

Dall'altro, l'utilizzo della data di pubblicazione come riferimento temporale consente di attenuare un problema strutturale di incompletezza dei dati PatStat per gli anni più recenti, già segnalato nei rapporti I-Com dal 2019 in poi. Questo accorgimento riduce le distorsioni causate dai ritardi amministrativi nell'elaborazione delle domande più recenti, offrendo una rappresentazione più fedele delle tendenze in corso. Il sistema di classificazione CPC consente di individuare i brevetti associati alle diverse tecnologie energetiche. La famiglia "Y" identifica sviluppi tecnologici innovativi e intersezionali trasversali a più sezioni dell'IPC. Il sottocodice "Y02" isola i brevetti rientranti nelle "tecnologie e applicazioni per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico", categoria che comprende innovazioni in ambito energetico, nei trasporti, nella gestione delle risorse idriche e nella produzione industriale. L'analisi si fo-

1 <https://www.wipo.int/ipstats/en/help.html#:~:text=The%20WIPO%20IP%20Statistics%20Data%20Center%20is%20an%20on%2Dline,data%20according%20to%20their%20needs>.

2 <https://www.epo.org/en/searching-for-patents/business/patstat>

Tab. 1.1: Famiglie di brevetti per la generazione, trasmissione o distribuzione elettrica, descrizione e codice CPC

Fonte: elaborazioni I-Com su dati della Cooperative Patent Classification (CPC)

Note: la dicitura “Low” implica l’inclusione di tutte le sottocategorie di una determinata famiglia brevettuale

Famiglia di brevetti	Descrizione	Codice CPC
Geotermia		Y02E 10/10
Idroelettrico		Y02E 10/20
Energia del mare		Y02E 10/30
Solare Termodinamico		Y02E 10/40 Low
Solare Fotovoltaico		Y02E 10/50 Low
	Ibrido Fotovoltaico-Solare termico	Y02E 10/60
Eolico		Y02E 10/70 Low
Altre rinnovabili		Y02E 10/00
Tecnologie a combustione con potenziale di mitigazione		Y02E 20/00 Low
Nucleare		Y02E 30/00 Low
Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	Tecnologie varie per l'efficienza del sistema elettrico	Y02E 40/00
	Sistema di trasmissione flessibile in corrente alternata (FACTS)	Y02E 40/10
	Filtri di potenza attiva (APF)	Y02E 40/20
	Compensazione reattivo di elettricità	Y02E 40/30
	Tecnologie di riduzione delle armoniche	Y02E 40/40
	Tecnologie per eliminare o ridurre asimmetrie nelle reti polifase	Y02E 40/50
	Tecnologie che integrano superconduttori	Y02E 40/60
Smart grids		Y02E 40/70
Produzione di combustibili di origine non fossile		Y02E 50/00 Low
Accumulo	Tecnologie varie di accumulo	Y02E 60/00
	Batterie	Y02E 60/10
	Supercapacitori	Y02E 60/13
	Accumulo di energia termica	Y02E 60/14
	Sistemi di accumulo meccanico	Y02E 60/16
Idrogeno	Tecnologie varie per l'idrogeno	Y02E 60/30
	Stoccaggio dell'idrogeno	Y02E 60/32
	Distribuzione dell'idrogeno	Y02E 60/34
	Produzione di idrogeno da elettrolisi dell'acqua	Y02E 60/36
	Fuel Cells	Y02E 60/50
Trasferimento di energia elettrica tra reti in corrente alternata o generatori tramite un collegamento in corrente continua ad alta tensione (HVDC)		Y02E 60/60
Altri sistemi di conversione o gestione dell'energia che riducono le emissioni di gas serra		Y02E 70/00 Low
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas serra (GHG)		Y02C 20/00 Low

calizza in particolare sui brevetti classificati “Y02E”³, che la CPC definisce come tecnologie finalizzate alla “riduzione delle emissioni di gas serra connesse alla generazione, trasmissione o distribuzione di energia”. La Tavola 1.1 riporta le descrizioni delle famiglie brevettuali considerate, con i relativi codici CPC e, ove non si considerassero tutte le sottoclassi, le descrizioni delle sottocategorie selezionate.

È opportuno richiamare alcune caratteristiche strutturali dei dati utilizzati. L'EPO rivede periodicamente i codici CPC assegnati ai brevetti, poiché l'evoluzione tecnologica può rendere obsolete alcune categorie di invenzioni in favore di nuovi paradigmi. Di conseguenza, per ciascuna annualità analizzata viene aggiornata l'intera serie storica, il che può determinare scostamenti rispetto alle numerosità riportate nelle edizioni precedenti.

Si segnala inoltre che per una parte delle domande di brevetto mancano informazioni essenziali alla costruzione degli indicatori, quali la natura e la provenienza geografica del richiedente o l'anno di deposito. Tali lacune derivano dall'impossibilità di integrare o correggere i dati grezzi in modo affidabile, e interessano sia le distribuzioni per area tecnologica sia, in misura più marcata, quelle per Paese o regione. Un caso emblematico è quello dei richiedenti classificati come “individui”, per i quali il Paese di provenienza non è sempre disponibile. Infine, gli indicatori presentati in ciascuna sezione si basano su un conteggio assoluto dei brevetti: a differenza dell'approccio frazionario, questo metodo non tiene conto dei brevetti depositati congiuntamente da soggetti di nazionalità diverse, con il rischio di sovrastimare il contributo individuale dei singoli Paesi.

1.2. PANORAMICA MONDIALE DELL'ATTIVITÀ BREVETTUALE

Dall'analisi dei dati più recenti messi a disposizione da WIPO, aggiornati a maggio 2026, i brevetti concessi a livello mondiale appaiono in lieve crescita. Il 2024 fa registrare il 2,8% in più di brevetti concessi rispetto al 2023.

Dall'assestamento della serie storica emerge una tendenza di crescita delle attività innovative, che si rileva anche per gli anni futuri dalla tendenza lineare predittiva. Rispetto alle precedenti edizioni del Rapporto, si evidenzia che i dati del 2010 sono stati rivisti al rialzo e che dunque i brevetti concessi in tale anno hanno superato il milione di unità. Questa revisione ha ridimensionato il CAGR per il periodo 2010-2023, che con i nuovi dati risulta pari a 5,3%, un valore più contenuto di 1,1 p.p. rispetto a quanto presentato nell'edizione precedente. Sempre considerando i dati più aggiornati, nell'intervallo 2010-2024 il CAGR è del 5,2%.

Dall'intera serie storica è evidente come la pandemia non sia riuscita a scalfire l'attività brevettuale mondiale, che di fatto non ha fatto registrare rallentamenti degni di nota, mentre è piuttosto incisiva l'accelerazione fra il 2022 e il 2023.

Per quanto riguarda la distribuzione dei brevetti totali concessi per Paese di origine, la Cina supera per la prima volta il milione di brevetti concessi in un anno nel 2024 e rimane saldamente al primo posto, distaccando di molto Stati Uniti e Giappone, che esibiscono un numero quasi identico di brevetti concessi. Rispetto al 2023, tutti i Paesi considerati eccetto Cina e India, per i quali si rileva un aumento, rispettivamente del 14,1% e del 5,5%, fanno registrare un calo nell'attività brevettuale. Escludendo Cina e India, in media vi è stata una discesa del 4,5% nei Paesi considerati

3 Verranno indagati i brevetti che hanno come oggetto tecnologie o applicazioni per la mitigazione o l'adattamento ai cambiamenti climatici, ovvero i brevetti che presentano sezione ‘Y’, classe ‘02’ e sottoclasse ‘E’. Per ulteriori informazioni si veda la classificazione sul sito della EPO: <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02E.html>

Fig. 1.1: Numero di brevetti concessi a livello mondiale (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026

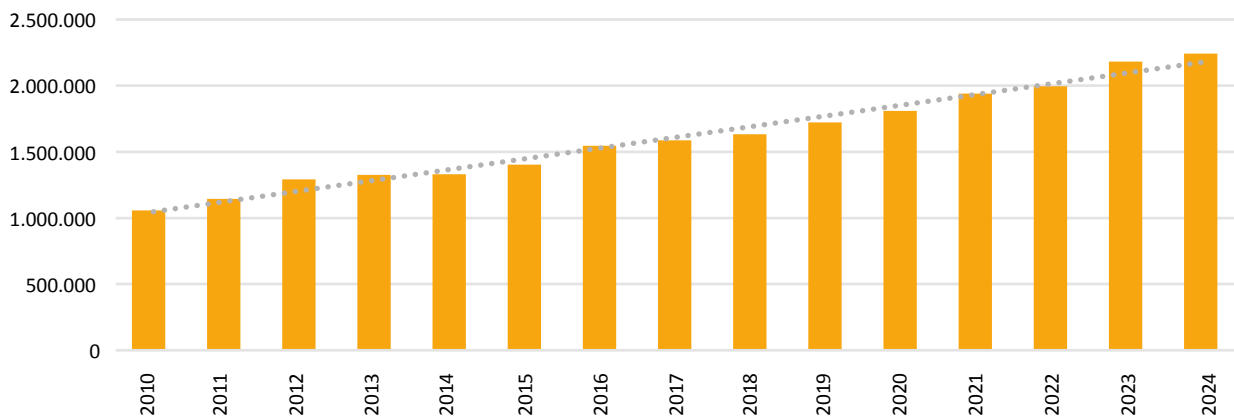


Fig. 1.2: Numero di brevetti concessi a livello mondiale, per Paesi selezionati (2007-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026

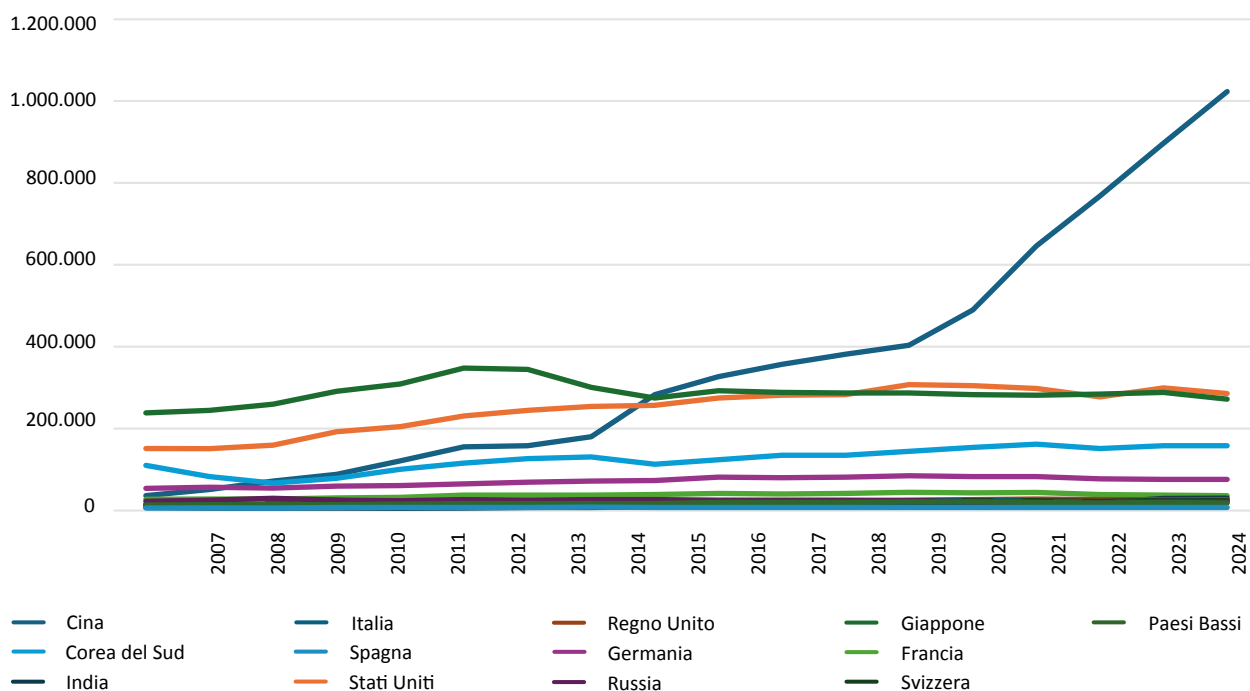
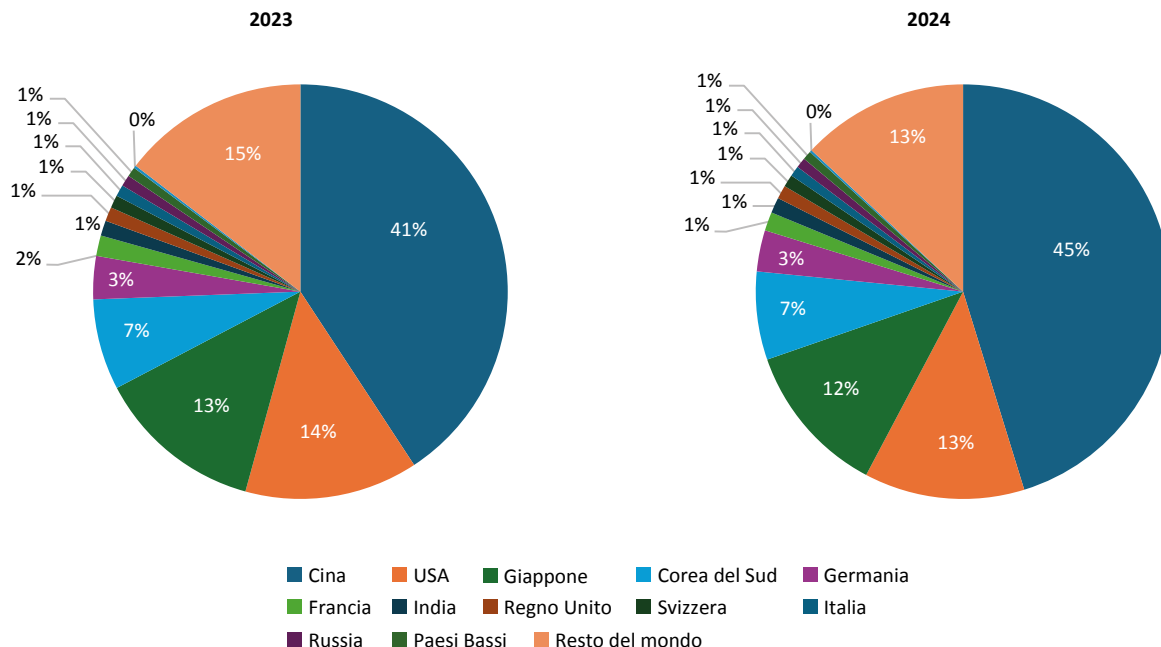


Fig. 1.3: Incidenza dei Paesi selezionati sul totale dei brevetti concessi, 2023 e 2024

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026



dall'analisi. Con 18.343 brevetti nel 2024 invece dei 19.667 del 2023, l'Italia mostra un calo del 6,7% nel biennio, più della media. Solo Francia e Spagna mostrano decrementi percentuali più alti, con discese del 6,9% e 9,0% rispettivamente.

Quest'evoluzione comporta alcune modifiche alla composizione percentuale dei brevetti totali concessi a seconda del Paese considerato. La Cina guadagna 4 punti percentuali rispetto al 2023, facendo arrivare la sua leadership al 45% dei brevetti concessi totali, dal 41% del 2023. Nel passare dal 2023 al 2024, l'incidenza scende di 1 p.p. per Giappone, Stati Uniti e Francia, mentre, a causa delle approssimazioni, le restanti percentuali rimangono invariate. Il resto del mondo, che nel 2023 pesava il 15%, vede la sua incidenza ridursi di 2 p.p.

I brevetti in ambito energetico crescono del 14,8% nel 2024 in confronto al 2023, una variazione decisamente importante e di molto superiore a quella dei

brevetti mondiali, evidenziando come l'energia sia un ambito vivace e soprattutto attuale dell'innovazione nel suo complesso.

L'elevata crescita è da attribuirsi quasi totalmente all'attività della Cina, dove la crescita di brevetti concessi in ambito energetico prosegue a ritmi vertiginosi, con una crescita del 36% registrata solamente nel passaggio dal 2023 al 2024.

La distribuzione geografica delle domande di brevetti nel settore energetico mostra una concentrazione significativa nel continente asiatico, con particolare enfasi su Cina, Giappone e, più recentemente, Corea del Sud. Tale aspetto si riconferma. I primi due Paesi dominano il panorama globale dei brevetti nel settore energetico, sebbene con tendenze divergenti. Storicamente, il Giappone era stato leader nel settore, ma a partire dal 2017 ha mostrato segni di rallentamento, con un tasso annuo di crescita composto del

Fig. 1.4: Brevetti mondiali in ambito energetico (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026

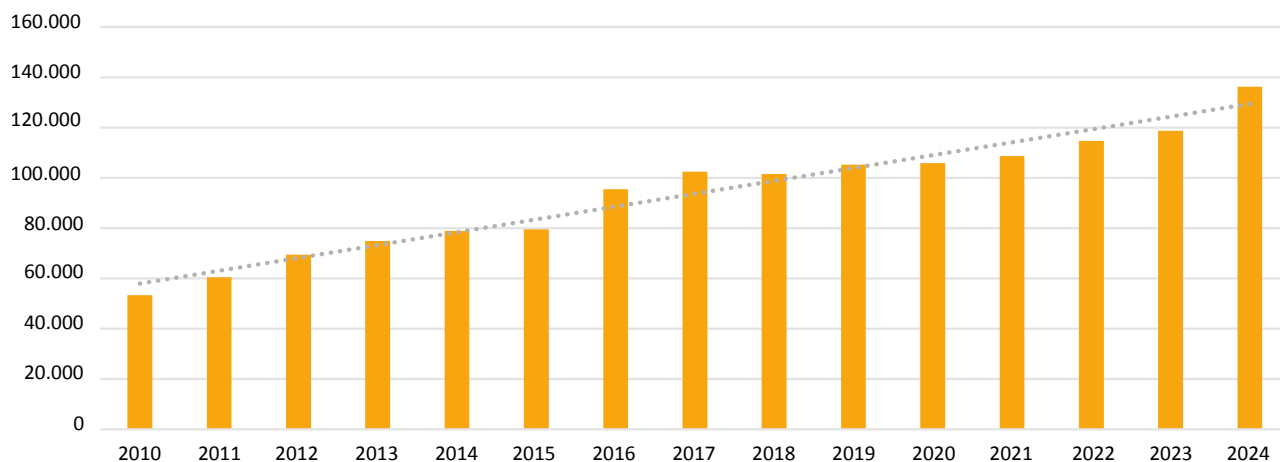
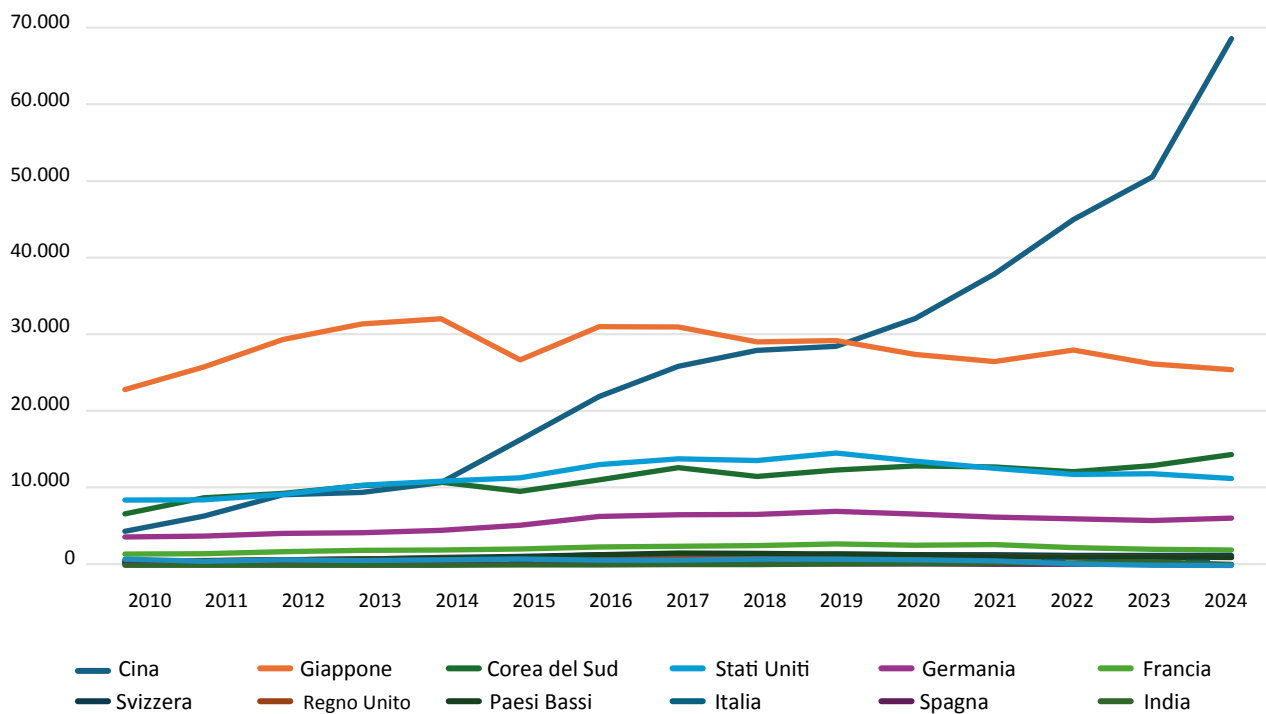


Fig. 1.5: Brevetti mondiali in ambito energetico, per Paese (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026



-2,5% dal 2017 al 2024. D'altra parte, la Cina ha iniziato a guadagnare terreno a partire dal 2015, scalando rapidamente il mercato e superando il Giappone nel 2020. Nel 2024, sono solo tre i Paesi a esibire una crescita nei brevetti energetici concessi: la Cina, la Corea del Sud e la Germania con rispettivamente +36%, +11% e +6% rispetto all'anno precedente. Il consolidamento dei dati conferma che la Corea del Sud ha superato definitivamente gli Stati Uniti già dal 2021. Gli USA rallentano l'attività brevettuale segnando un -5% fra il 2023 e il 2024. Anche i restanti Paesi nello stesso intervallo temporale di riferimento hanno mostrato una variazione annuale negativa. Il dato peggiore è attribuibile all'India che ha segnato un -76%. L'Italia mostra invece un -5%.

Le tendenze osservate nell'ultimo decennio influenzano significativamente anche l'analisi dell'incidenza relativa di ciascun Paese nel mercato globale: nel confronto 2023-2024, come già evi-

denziato nel grafico complessivo, si osserva un ridimensionamento importante nel peso della Cina, che sale di ben 7 punti percentuali. Di converso, la diminuzione nell'incidenza relativa si osserva in misura maggiore per Giappone (-3 p.p.) e Stati Uniti (-2 p.p.); Corea del Sud e Germania restano stabili. Per le altre economie non si registrano cambiamenti significativi nell'incidenza. L'Italia continua ad avere una posizione marginale.

Dopo il 2017, i brevetti energetici hanno diminuito la loro importanza relativa sul totale dei brevetti concessi. Tuttavia, nel 2024, la percentuale di brevetti sul totale associabili al campo energetico è tornata a superare il 6% (6,1%), balzando di 0,7 p.p. dal valore del 2023, posizionando il 2024 come un anno di poco distante dal picco del 6,5%. Nel complesso, i brevetti energetici sono cresciuti in modo sostenuto e sembrano tornare a guadagnare spazio come categoria tecnologica.

Fig. 1.6: Brevetti mondiali in ambito energetico, incidenza per Paese (2023, 2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a maggio 2026

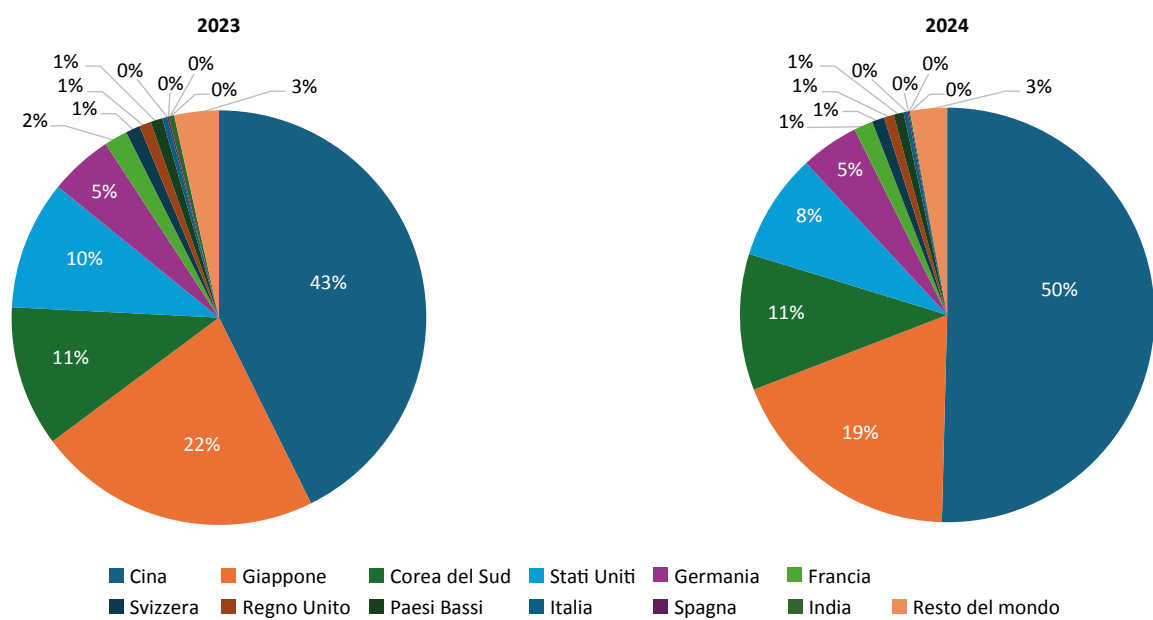
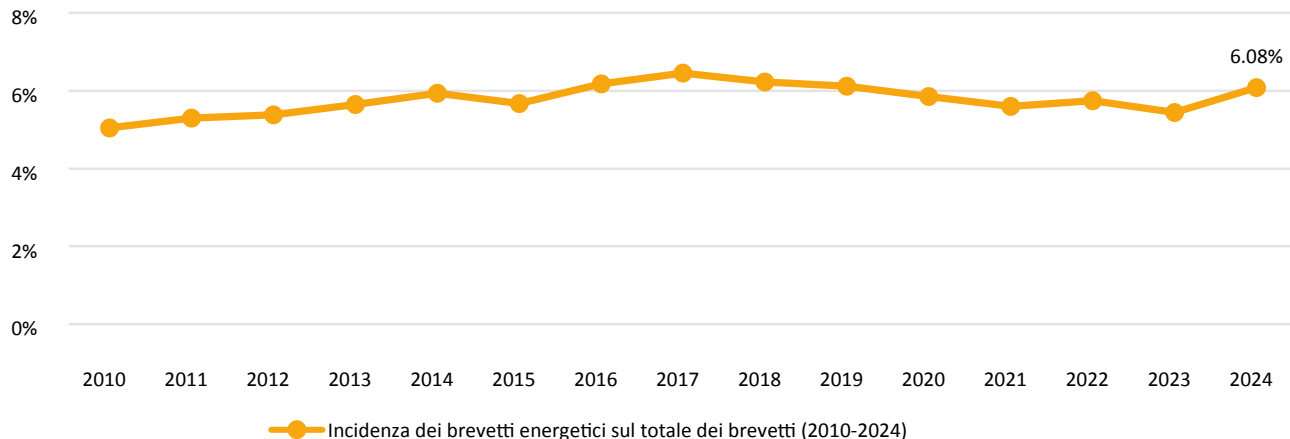


Fig. 1.7: Incidenza dei brevetti energetici sul totale dei brevetti (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati WIPO, aggiornati a marzo 2025



1.3. RIDUZIONE DELLE EMISSIONI: I BREVETTI

Questa sezione è dedicata alla disamina dell'attività brevettuale avvenuta nell'ambito delle diverse tecnologie di generazione, trasmissione, distribuzione e accumulo di energia che concorrono alla riduzione delle emissioni di gas serra. Gli ultimi dati disponibili con un'accuratezza sufficiente, rilevati dal database PatStat di EPO dell'edizione autunno 2025, fanno riferimento al 2024⁴.

Con il progressivo consolidamento del quadro post-pandemico e dopo una stagione inflazionistica avviata nel 2021 che nel corso del 2024 ha mostrato segnali sempre più chiari di rientro verso i target delle banche centrali, l'economia globale ha confermato la propria capacità di tenuta. Il PIL mondiale reale è cresciuto del 3,2% nel 2024, un ritmo stabile rispetto all'anno prece-

dente, secondo le stime del FMI. Uno dei temi centrali del 2024 è stato proprio il progressivo raffreddamento dell'inflazione. Nell'Eurozona l'inflazione si è attestata in media al 2,4% nel 2024, in netta decelerazione rispetto al 5,5% del 2023, avvicinandosi così al target del 2% fissato dalla BCE. La BCE ha avviato il proprio ciclo di tagli dei tassi a giugno 2024, con ulteriori riduzioni a settembre, ottobre e dicembre, abbassando complessivamente il tasso di riferimento di 100 punti base entro fine anno rispetto al picco del 4%.

Il commercio mondiale ha mostrato segnali di ripresa nel 2024 dopo la contrazione del 2023, seppur in un contesto ancora incerto. Il WTO ha stimato una crescita del volume del commercio mondiale di merci pari al 2,7% nel 2024, in netto miglioramento rispetto al -1,2% dell'anno precedente.

Tuttavia, diversi fattori di rischio hanno continuato a pesare sul quadro globale:

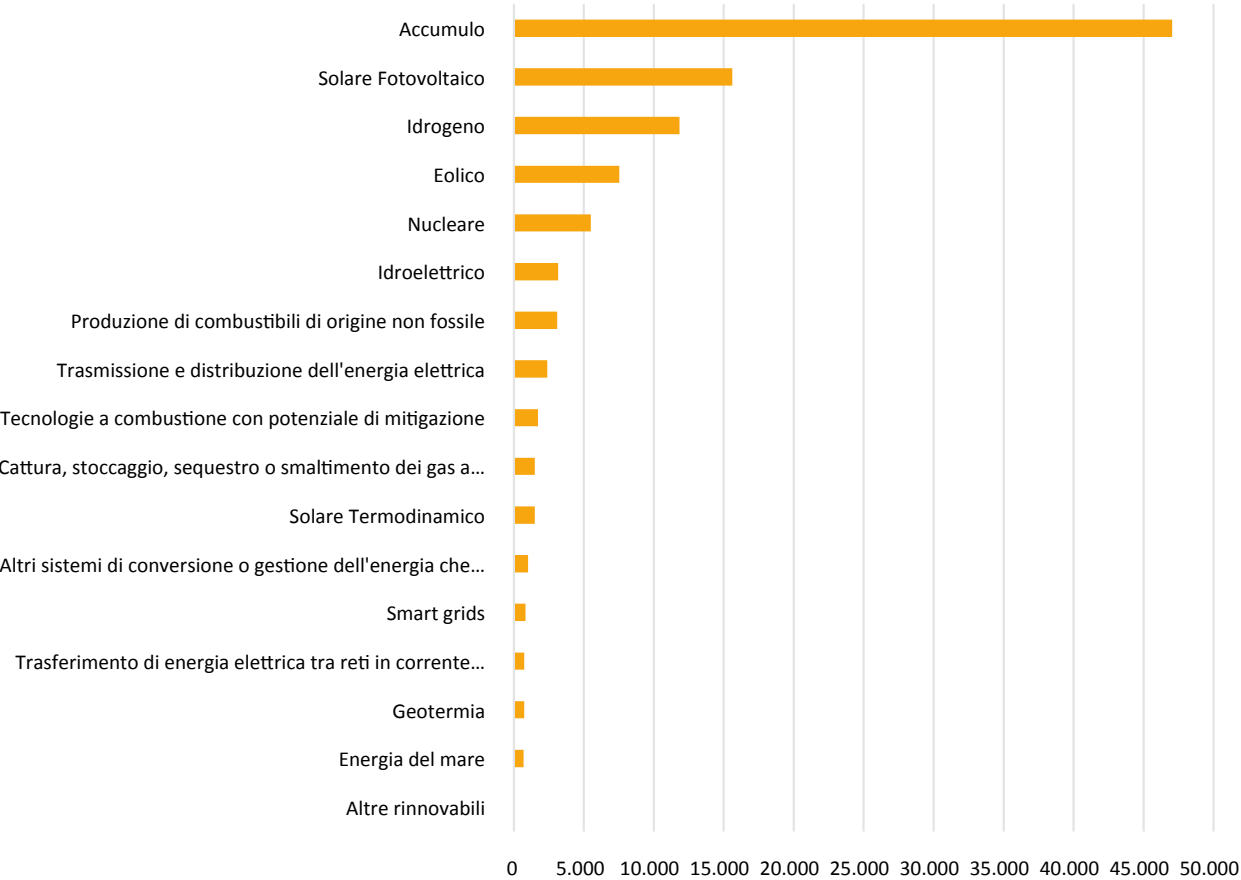
⁴ I dati al 2024 sono da considerarsi come provvisori. La banca dati PatStat viene aggiornata due volte all'anno, una in primavera e l'altra in autunno e vi è un ritardo di circa 4 anni nella disponibilità definitiva dei dati, a causa del processo di richiesta e delle lunghe tempistiche di integrazione di dati delle autorità nazionali (Fiorini, A., Georgakaki, A., Pasimeni, F. and Tzimas, E., Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies, EUR 28446 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-65591-3 (print), 978-92-79-65592-0 (PDF), doi:10.2760/434051 (print), 10.2760/447418 (online), JRC105642).

- La guerra in Ucraina ha proseguito a generare incertezze nei mercati delle materie prime e dell'energia, con effetti persistenti sulle catene di approvvigionamento europee
- La crisi del Mar Rosso, legata all'escalation del conflitto in Medio Oriente, ha causato ritardi nelle spedizioni e un aumento dei costi di trasporto marittimo per diversi settori
- Le tensioni geopolitiche hanno favorito una progressiva frammentazione degli scambi lungo linee geopolitiche, con l'Asia – trainata da Cina, Singapore e Corea del Sud – che ha

registrato la crescita delle esportazioni più rapida tra tutte le macro-regioni, con un aumento fino al 7,4%, mentre l'Europa ha continuato a segnare performance negative sia nelle esportazioni che nelle importazioni

Nonostante il contesto macroeconomico non particolarmente favorevole descritto in precedenza, l'attività brevettuale – tanto nel suo complesso quanto nel settore energetico – ha mantenuto un ritmo sostenuto, senza accusare rallentamenti di rilievo. Una dinamica analoga si osserva per il sottoinsieme oggetto della presente analisi, ovvero le diverse classi appartenenti alla famiglia Y02E.

Fig. 1.8: Brevetti energetici per la riduzione delle emissioni – Y02E (2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

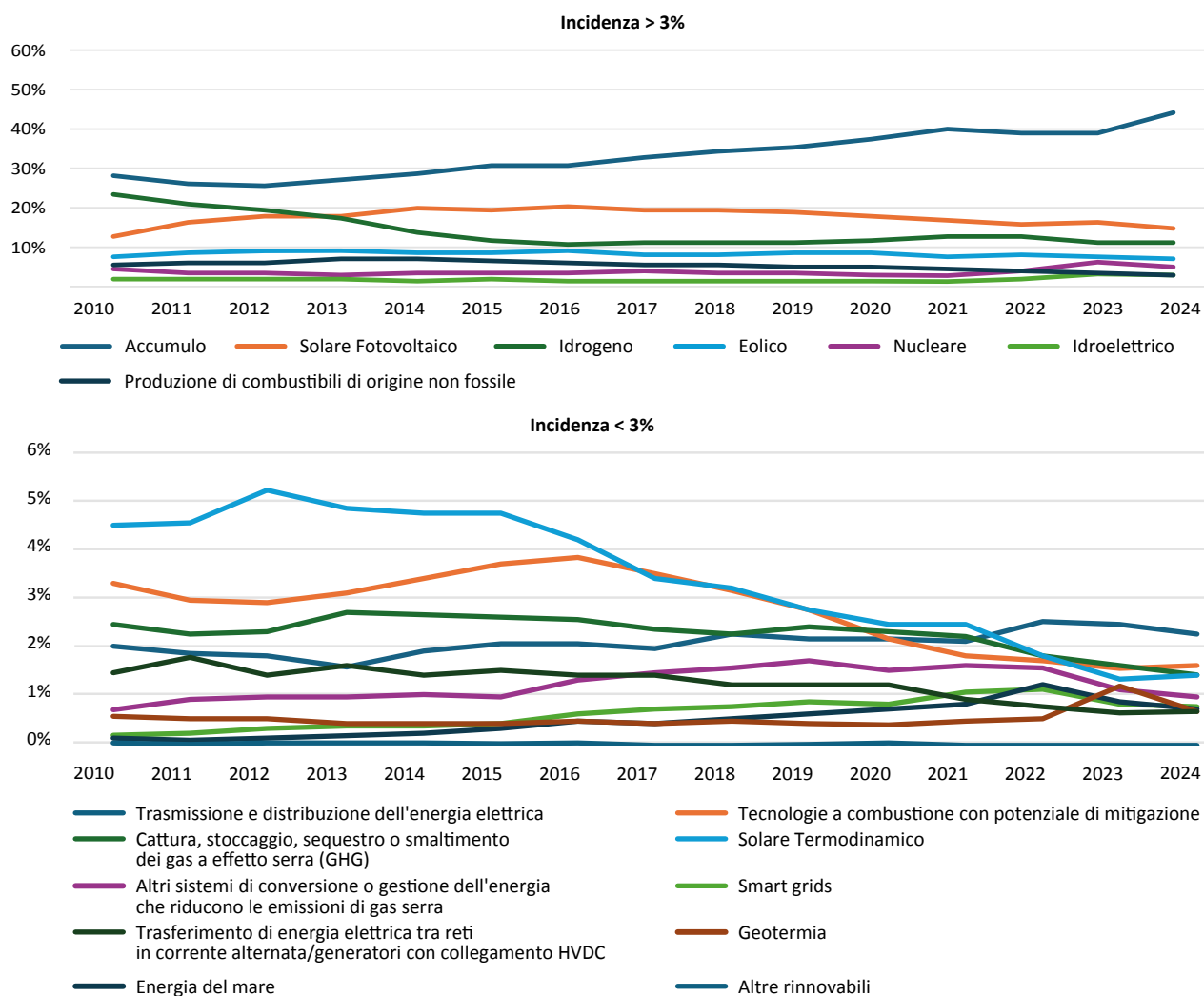


Nel 2024, sono stati concessi 104.903 brevetti fra quelli considerati nella nostra analisi. La principale destinazione delle innovazioni rimangono le tecnologie di accumulo, seguite dal solare fotovoltaico, idrogeno, eolico e nucleare. Di non trascurabile importanza anche le tecnologie idroelettriche e di produzione di combustibili di origine non fossile, che superano le 3.000 unità di brevetti.

Rispetto al 2023, anno in cui sono stati concessi 120.859 brevetti, la diminuzione del numero di concessioni del 2024 si osserva in tutte le categorie brevettuali considerate. La categoria delle tecnologie di accumulo, il campo innovativo decisamente più vivace, è l'unico ad esibire una decrescita percentuale inferiore al 5%, registrando un -2%. Questa diminuzione generale potrebbe essersi verificata per due motivi.

Fig. 1.9: Incidenza delle famiglie brevettuali sul totale dei brevetti considerati (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

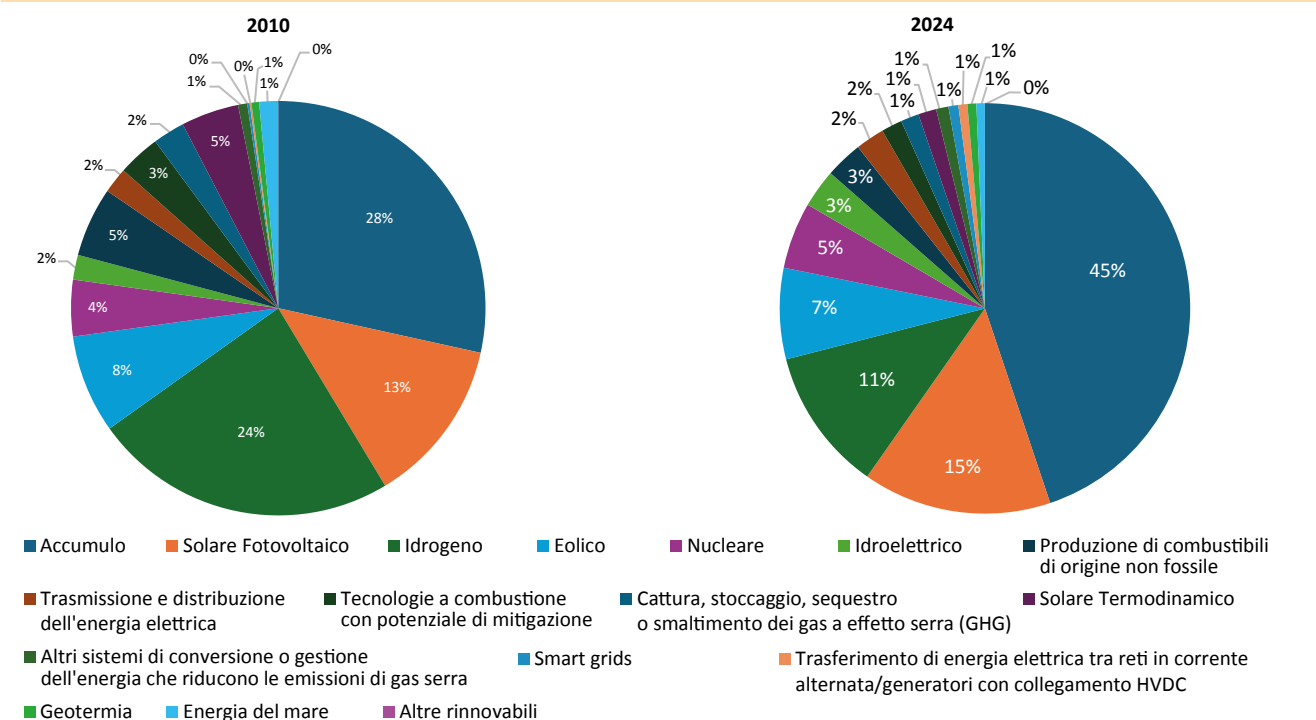


Il primo è il fisiologico ritardo nella registrazione dei brevetti, che suggerisce quindi un possibile recupero una volta che il database verrà aggiornato. Il secondo motivo è strutturale: vi sarebbe perciò un calo nell'attività innovativa con lo scopo ultimo di riduzione delle emissioni a fronte invece di una crescente attività brevettuale nel settore energetico nel suo complesso. C'è da sottolineare che il 2023 era stata un'annata particolarmente proficua per l'attività brevettuale volta alla riduzione delle emissioni, e che dunque il livello di innovazione osservato in tale anno fosse un valore anomalo e, in quanto tale, difficile da replicare. Per determinare con certezza quale tendenza si sia effettivamente verificata non si può che attendere la prossima edizione del presente Rapporto. Guardando all'evoluzione del peso delle singole categorie brevettuali sul totale, si può osservare come

l'insieme delle tecnologie di accumulo prevalga per tutto il periodo considerato (2010-2024). In termini di ordine di importanza delle altre categorie, i brevetti nel campo dell'idrogeno sono passati dal costituire il 24% del totale nel 2010 all'11% nel 2024 e sono stati superati in numerosità dal solare fotovoltaico nel 2013.

Per quanto riguarda l'evoluzione delle tecnologie meno brevettate, si evincono andamenti interessanti. Il primo è il declino dell'incidenza del solare termodinamico, che dal 5% del 2010 è arrivato all'1,4% nel 2024. La categoria delle smart grids fatica a decollare in termini di incidenza sul totale, così come la cattura, lo stoccaggio, il sequestro o lo smaltimento delle emissioni di gas serra, che hanno diminuito la propria incidenza nel corso del tempo. In ripresa, invece, la categoria dell'idroelettrico.

Fig. 1.10: Incidenza delle famiglie brevettuali sul totale dei brevetti considerati (2010, 2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



Come nelle precedenti edizioni del Rapporto, la Cina si conferma al primo posto per brevetti concessi, con un vantaggio sempre più marcato sui Paesi seguenti. La Corea del Sud, seconda in classifica con 10.861 brevetti, accusa un distacco dalla Cina superiore ai 32.500 brevetti. Analoga situazione per gli Stati Uniti, terzi con 8.019 brevetti – un dato addirittura inferiore a quello del 2010. Giappone e Germania seguono rispettivamente con 5.196 e 2.801 brevetti concessi nel 2024. Il primato cinese nel campo delle tecnologie elettriche – e in generale quelle per la riduzione delle emissioni – si spiega con diversi fattori. Prima di tutto, gli investimenti in ricerca e sviluppo sono su scala non paragonabile a quella europea. In secondo luogo, la crescita brevettuale è un obiettivo dichiarato del governo cinese, perseguito attraverso strumenti concreti: sussidi per le domande di brevetto, sgravi fiscali per le imprese che li ottengono, premi economici e avanzamenti di carriera per i dipendenti che li registrano, e target espliciti nei piani quinquennali. Queste politiche hanno da sempre alimentato interrogativi sulla reale qualità dei brevetti. Tuttavia, nel contesto specifico di questa analisi, è più plausibile che le innovazioni cinesi abbiano effettivo valore tec-

nico, anche grazie alla disponibilità di materie prime critiche per costruire e gestire tecnologie elettriche. Il Giappone, che insieme agli Stati Uniti dominava un tempo il panorama brevettuale globale, si ferma a livelli inferiori a quelli del 2010. La variazione percentuale rispetto a quell'anno è negativa per entrambi i Paesi: -26% per gli Stati Uniti, -33% per il Giappone. Nettamente positiva è l'evoluzione brevettuale della Repubblica di Corea, che ha quasi raddoppiato i brevetti concessi ai suoi connazionali e alle imprese domestiche in quattordici anni. Insieme a Stati Uniti e Giappone, anche l'India ha diminuito il numero di brevetti concessi nel campo della riduzione delle emissioni. Nel blocco europeo, complessivamente, i brevetti sono cresciuti nel periodo considerato. Trainati da un +3% dei brevetti tedeschi, un +25% dei brevetti francesi, +32% del Regno Unito e della Spagna e un +14% dell'Italia. Secondo i dati attuali, il nostro Paese raggiunge i 328 brevetti nel 2024, mentre nel 2010 avevamo raggiunto quota 287. La quota di brevetti detenuta da ciascun Paese sul totale concessi ha subito una trasformazione profonda dal 2010 a oggi. Se in passato il settore delle tecnologie per la riduzione delle emissioni era nel-

Fig. 1.11: Brevetti per la riduzione delle emissioni per Paese (2010, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

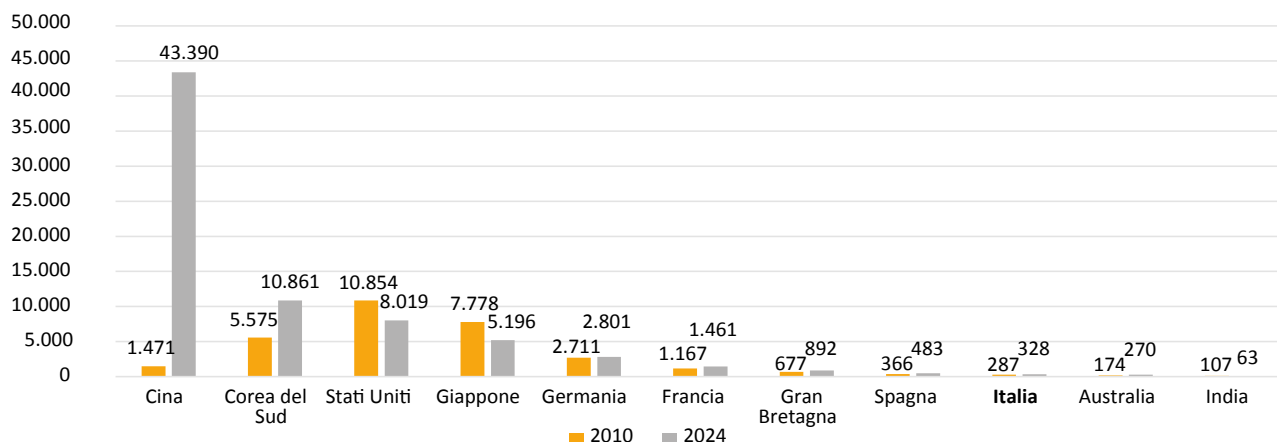
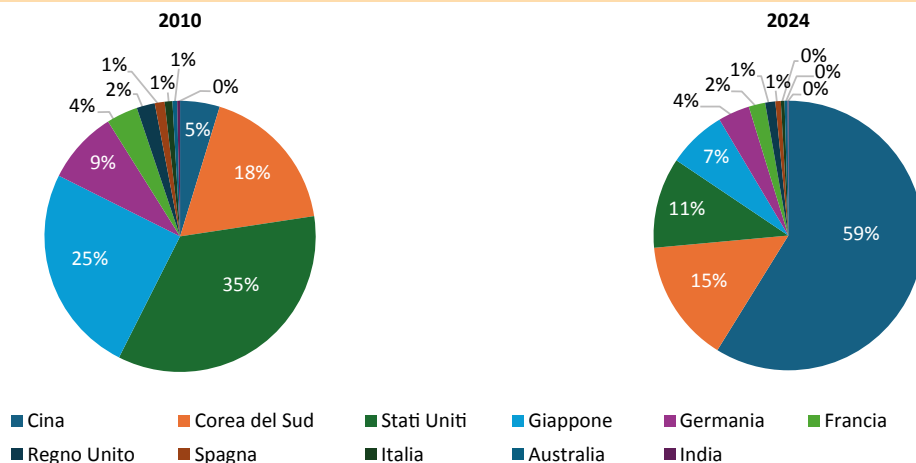


Fig. 1.12: Brevetti in campo elettrico, incidenza per Paese sul totale (2010, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



le mani di tre sole nazioni – Stati Uniti, Giappone e Corea del Sud – oggi la Cina ha ribaltato gli equilibri, conquistando il 59% di tutti i brevetti concessi in questa categoria.

Il cambiamento emerge con ancora maggiore chiarezza analizzando le specializzazioni per area tecnologica. Nel 2010 la Cina aveva una presenza di contorno, con una quota del 4,8% del totale e nessuna specializzazione riconoscibile. Erano gli Stati Uniti il Paese di riferimento in ogni categoria tecnologica. L'Italia non rivestiva un ruolo di primo piano, ma l'Europa nel suo insieme era ben rappresentata: Regno Unito, Germania, Francia e Spagna esercitavano collettivamente un peso significativo nei brevetti legati all'eolico, all'energia marina e al solare termodinamico.

Rispetto alla precedente edizione del Rapporto che tracciava il panorama brevettuale nel 2023 e in cui nessuna area tecnologica sfuggiva al primato di Pechino, nel 2024, la Cina domina tutte le categorie considerate eccetto due: "cattura, lo stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra", dove di poco prevalgono gli Stati Uniti, e "altre rinnovabili", che però è estremamente marginale in termini di

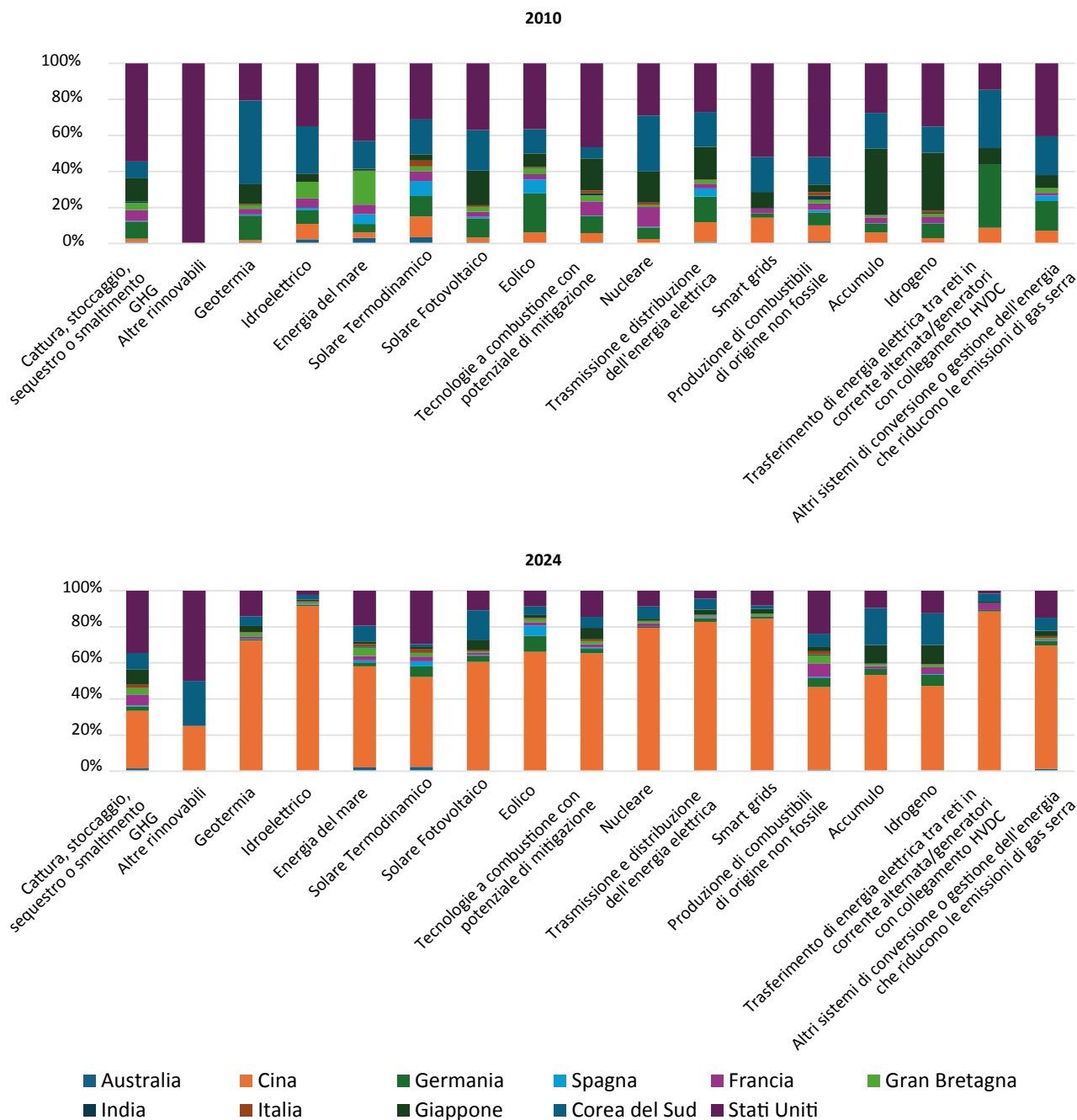
numerosità di brevetti e dove sono sempre gli Stati Uniti a detenere il primato. Questo non deve portarci a pensare che vi sia un recupero nell'innovazione statunitense che, come abbiamo visto, è in declino dal 2010. Infatti, persino settori storicamente a trazione statunitense – come il termoelettrico (Tecnologie a combustione con potenziale di mitigazione) sono ora appannaggio cinese.

Sul fronte europeo, si conferma la scomparsa di qualsiasi forma di specializzazione rilevante. I Paesi UE mantengono una presenza marginale solo in cinque ambiti –eolico (17%), combustibili di origine non fossile (15%), solare termodinamico (13%) e cattura e stoccaggio delle emissioni (11%) e idrogeno (11%)– mentre in tutte le altre tecnologie la loro quota scende sotto il 10%.

L'Italia si colloca ai margini anche in questi settori residuali: al nostro Paese fa capo appena il 2% dei brevetti nei combustibili di origine non fossile, nel solare termodinamico, nella cattura delle emissioni, e l'1% in quelli relativi all'idroelettrico, l'energia del mare, il termoelettrico e negli altri sistemi di conversione o gestione dell'energia che riducono le emissioni di gas serra.

Fig. 1.13: Specializzazione per famiglia brevettuale in campo elettrico (2010, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

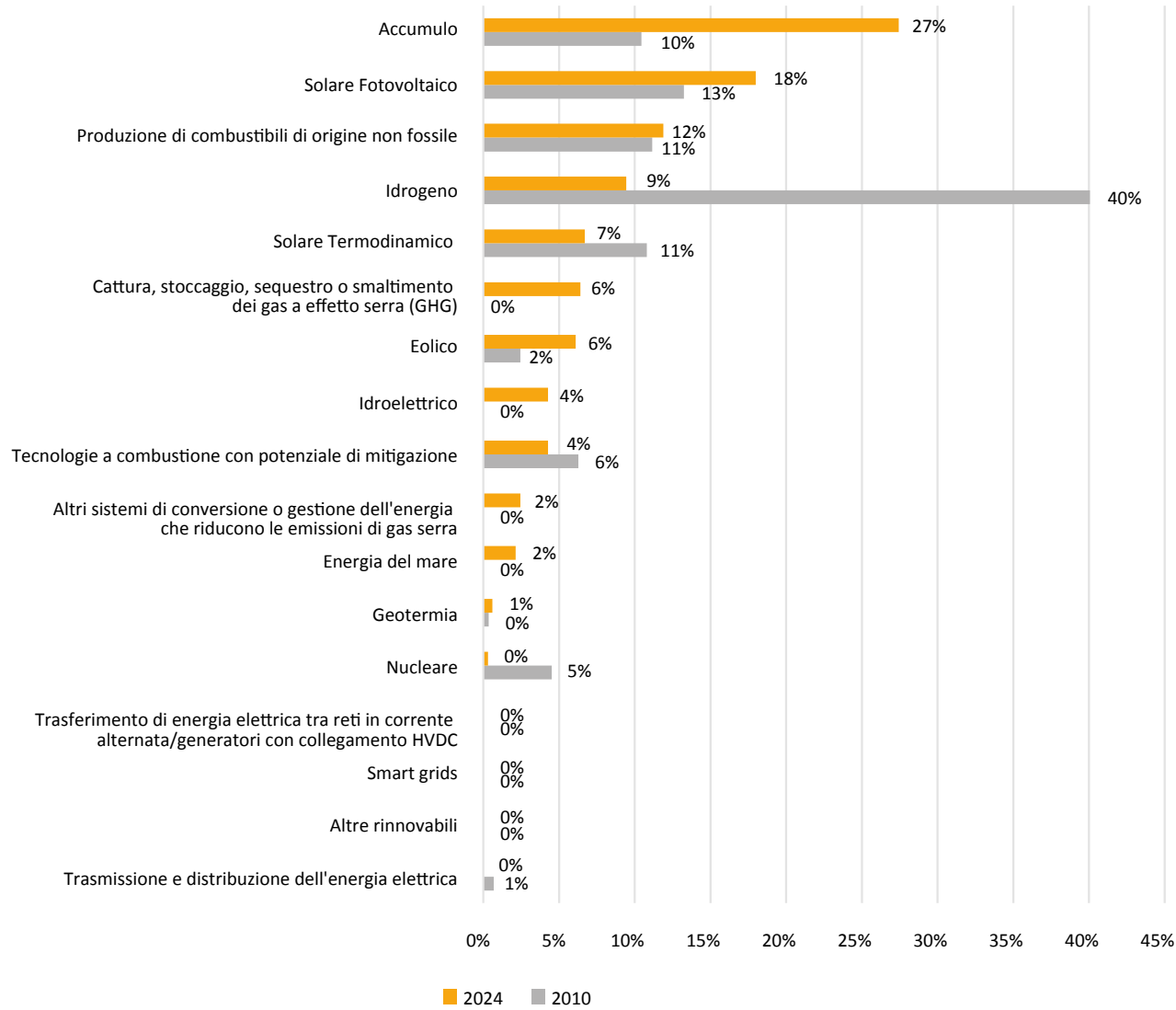


1.4. I DATI ITALIANI

Se nel 2010 l'attività brevettuale italiana in ambito elettrico convergeva su poche aree tecnologiche, prevalentemente idrogeno, solare (sia fotovoltaico che termodinamico), biocarburanti e accumulo, nel 2024

l'incidenza dei brevetti è leggermente più eterogenea. Infatti, l'idrogeno, che nel 2010 rappresentava il 40% dei brevetti italiani per la riduzione delle emissioni, perde terreno in favore di una platea più eterogenea di destinazione delle innovazioni. Nell'arco di quattordici anni, la categoria preponderante è diventata quella

Fig. 1.14: Composizione percentuale dei brevetti in campo elettrico italiani (2010, 2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



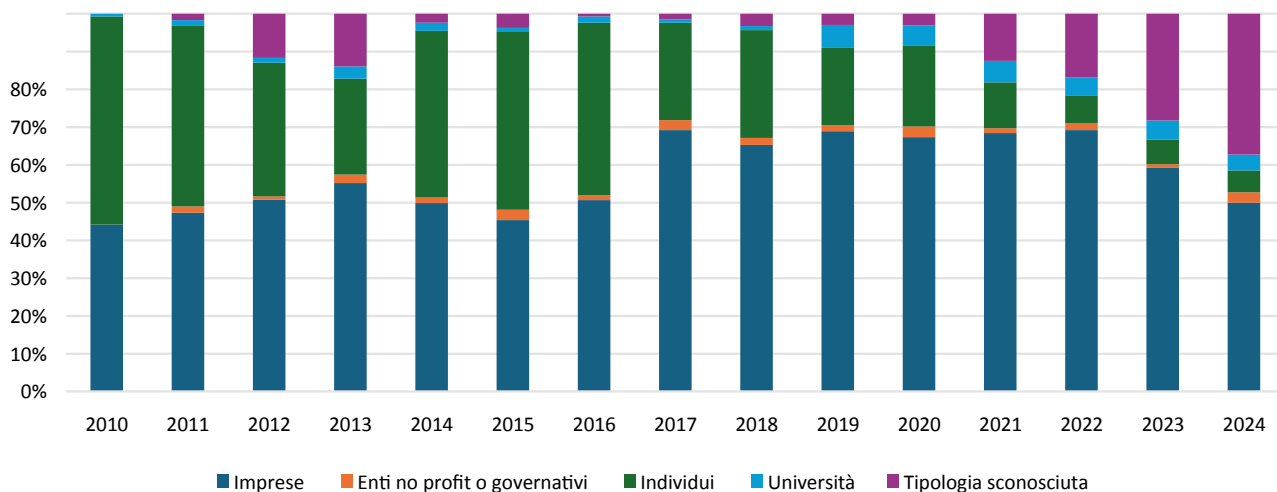
degli accumuli, campo che raccoglie il 27% delle innovazioni italiane. Segue per importanza il fotovoltaico (18% dei brevetti del 2024) e la produzione di combustibili di origine non fossile, con il 12%. Una nota negativa è sicuramente la diminuzione dei brevetti in ambito nucleare, che fanno registrare una discesa di 5 punti percentuali nel periodo, arrivando a un'innovazione pressoché nulla. Dall'altro lato, si segnala la presenza di brevetti in ambito cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento delle emissioni, idroelettrico ed energia del mare che fanno registrare valori diversi da zero, mostrando quindi almeno una minima attività innovativa in questi campi rispetto al 2010.

I soggetti richiedenti brevetto sono storicamente di due principali tipologie: imprese e individui. Questa dualità di soggetti che innovano si è mantenuta, anche nel nostro Paese, fino agli anni più recenti. Nei primi anni della serie storica, infatti, per ogni brevetto in ambito di riduzione delle emissioni, vi era approssimativamente un 50% di probabilità che questo fosse stato depositato da individui e, di converso, un altro 50% di probabilità che questo

fosse stato concesso a imprese. Dal 2017 stiamo assistendo a una graduale riduzione dell'innovazione da parte degli individui. In anni recenti, l'incidenza di brevetti concessi a imprese si aggira intorno al 60%, mentre l'apporto degli individui si è addirittura ridotto al 6-7% nel 2022 – 2024. Al contempo, le Università hanno leggermente incrementato il loro apporto all'innovazione del Paese, che in 14 anni è cresciuto di 4 punti percentuali. Rimane sostanzialmente costante la capacità innovativa degli enti governativi e no profit. Un appunto da fare è sicuramente sui soggetti brevettanti la cui entità è ignota. La loro incidenza non è trascurabile per gli anni 2012, 2013, 2021, 2022, 2023 e 2024. Per gli anni 2021-24, la consistenza di questa categoria è giustificata dalla parziale incompletezza del dato PatStat. Invece, da un'analisi spannometrica per gli anni 2012 e 2013, larga parte dei soggetti richiedenti sarebbe riconducibile alla categoria degli individui. Per gli anni 2012-2013 aumenterebbe dunque l'attività brevettuale degli individui, coerentemente con la tendenza di quegli anni.

Fig. 1.15: Distribuzione dei brevetti richiesti in ambito elettrico in Italia, per soggetto brevettante (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



CAPITOLO 2

ANALISI DELLE STRATEGIE INDUSTRIALI DESUMIBILI
DALL'ANALISI BREVETTUALE DI LUNGO PERIODO

2.1. PREMESSA METODOLOGICA E PERIMETRO DELL'ANALISI

Il presente capitolo sviluppa un'analisi di lungo periodo dell'innovazione energetica italiana, basandosi su un database di 4.975 brevetti depositati da richiedenti italiani nelle principali classi tecnologiche Y02E e Y02C della Cooperative Patent Classification (CPC), con anni di pubblicazione compresi tra il 1980 e il 2024. Rispetto all'impostazione del Capitolo 1, che si focalizza sui brevetti energetici concessi a livello mondiale e rilevati dalla banca dati PatStat nell'edizione autunno 2025, la presente analisi adotta una prospettiva di portafoglio: anziché contare i brevetti per anno di pubblicazione con confronto internazionale, si interroga il patrimonio brevettuale italiano nella sua interezza, con l'obiettivo di ricostruire le strategie industriali sottostanti, le traiettorie di specializzazione tecnologica e le strutture di titolarità che ne caratterizzano la composizione⁵.

Si è proceduto con una classificazione a partire dal contenuto titolo e abstract di ciascun brevetto prima di assegnarlo a una delle 17 categorie tecnologiche previste dallo schema. Questo approccio supera le distorsioni generate dall'utilizzo esclusivo del codice CPC come proxy del settore tecnologico: nelle classi Y02E, infatti, la granularità della codifica CPC non è sufficiente a distinguere, ad esempio, i brevetti sulle membrane polimeriche per celle a combustibile da quelli sui materiali per pannelli isolanti dell'edilizia, entrambi presenti nella medesima sottoclasse. Il classificatore ha corretto una base di 1.057 brevetti (21,2% del totale), con impatti significativi in partico-

lare sul comparto delle batterie al piombo (439 brevetti riclassificati) e sulla nascente categoria dell'elettrolisi industriale⁶.

L'analisi è articolata su cinque periodi storici che riflettono le principali discontinuità della politica energetica e del mercato: il periodo pre-2000, in cui domina l'eredità dell'industria nucleare e petrolchimica; il ciclo 2000-2007, corrispondente al consolidamento delle tecnologie a idrogeno e all'avvio delle energie rinnovabili; la fase 2008-2012, caratterizzata dal boom incentivato del fotovoltaico e dall'eolico di prima generazione; il periodo 2013-2018, di maturazione tecnologica e diversificazione verso bioenergia e cattura della CO₂; infine il ciclo 2019-2024, in cui il ritardo strutturale di pubblicazione (18-36 mesi dal deposito) determina una sottostima sistematica che impone cautela nell'interpretazione dei dati più recenti.

In termini di coerenza con il Capitolo 1, si osserva che la diversa metodologia di conteggio produce distribuzioni settoriali non direttamente sovrapponibili. Il Capitolo 1 segnala che nel 2024 il 27% dei brevetti italiani Y02E riguardava tecnologie di accumulo, il 18% il fotovoltaico e il 12% i combustibili non fossili. Nel presente database di lungo periodo, le celle a combustibile (categoria storicamente più popolosa) pesano il 21,3% e le batterie l'11,5%, dato che riflette la lunga storia brevettuale italiana in questo campo iniziata ben prima del 2010. La convergenza tra le due rappresentazioni è comunque significativa: la centralità dell'accumulo elettrochimico nella traiettoria italiana – tanto nelle serie storiche di lungo periodo quanto nei flussi recenti – emerge con coerenza da entrambe le analisi.

5 Il database PatStat viene aggiornato due volte all'anno dall'EPO. La versione utilizzata in questo capitolo è l'edizione autunno 2024, che copre le domande pubblicate fino a giugno 2024. A differenza del Capitolo 1, che si basa sui soli brevetti concessi, questa analisi include tutte le domande pubblicate (granted e pending), ampliando la base statistica a 4.975 documenti.

6 Per la prima volta nella non breve storia dei rapporti sull'innovazione energetica dell'Osservatorio Innov-E si è andati oltre le statistiche descrittive.

2.2. IL PANORAMA AGGREGATO: STRUTTURA E CONCENTRAZIONE DELL'INNOVAZIONE ENERGETICA ITALIANA

Il corpus complessivo di 4.975 brevetti italiani nel settore energetico per la riduzione delle emissioni presenta una distribuzione altamente asimmetrica: i cinque settori principali – celle a combustibile, batterie/accumulo, fotovoltaico al silicio, bioenergia e eolico – concentrano circa il 61% del totale, mentre le rimanenti dodici categorie si ripartiscono il restante

39%. Questa struttura riflette la storica specializzazione dell'industria italiana in alcune filiere di eccellenza ben identificate: l'elettrochimica (De Nora, SAES Getters), la chimica e petrolchimica (ENI, VERSALIS, SOLVAY), la meccanica industriale di precisione (ANSALDO, Nuovo Pignone) e una vivace frangia di piccole imprese e inventori individuali distribuiti su tutte le tecnologie.

La distribuzione per periodo storico rivela un ciclo di innovazione a forma di campana con apice nel quinquennio 2008-2012, durante il quale sono stati pubblicati circa il 30-35% di tutti i brevetti del database.

Tab. 2.1: Distribuzione dei brevetti italiani per categoria tecnologica (database Y02E/Y02C, 1980-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su database PatStat. Nota: il CAGR è calcolato sul periodo 2000-2018 per escludere distorsioni da ritardo di pubblicazione negli anni più recenti. "n.d." indica settori con numerosità nulla o inferiore a 3 brevetti nel 2000

Categoria tecnologica	Brevetti	Quota %	HHI	CAGR 2000-2018
Celle a combustibile	1.059	21,3%	202	-0,7%
Batterie / Accumulo	571	11,5%	296	+3,3%
Fotovoltaico al silicio	525	10,6%	143	n.d.
Bioenergia / Biocarburanti	501	10,1%	399	+12,5%
Energia eolica	398	8,0%	461	+8,0%
CSP / Solare termico	334	6,7%	327	n.d.
Cattura CO ₂	327	6,6%	278	+6,7%
Cogenerazione / Combustione	218	4,4%	300	+4,6%
Elettrolisi / Idrogeno	178	3,6%	1.872	-4,6%
Nucleare / Fusione	172	3,5%	295	~0,0%
PV organico / DSC	170	3,4%	263	n.d.
Idroelettrico	127	2,6%	189	n.d.
Altro Y02E	129	2,6%	346	+1,6%
Energia marina (wave/tidal)	83	1,7%	295	n.d.
Smart grid / Rete	75	1,5%	677	n.d.
PV avanzato / concentratori	36	0,7%	556	n.d.
Geotermico	32	0,6%	586	n.d.
TOTALE	4.975	100%	-	-

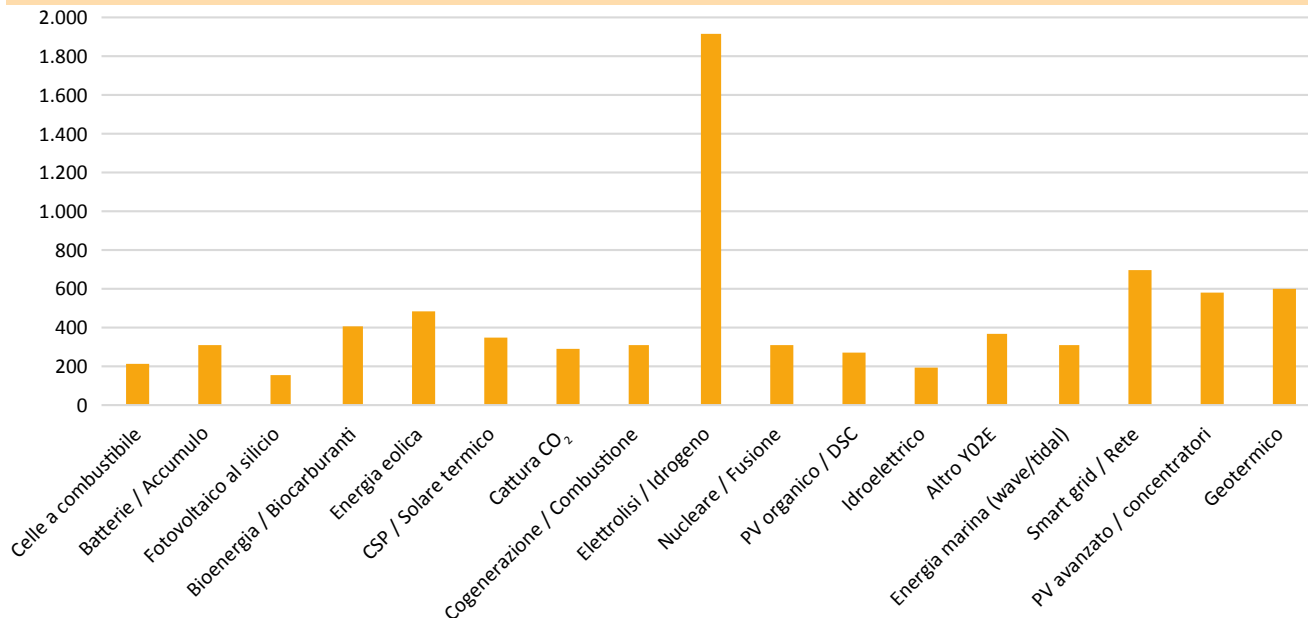
Questa concentrazione non è casuale: corrisponde al picco degli incentivi Conto Energia in Italia (2006-2013) per il fotovoltaico, all'accelerazione del piano europeo 20-20-20, e alla stagione degli investimenti in ricerca industriale sostenuti da Industria 2015 e dai Fondi strutturali europei. Il rallentamento successivo al 2013 riflette sia la riduzione degli incentivi sia il generale contesto di austerità fiscale che ha compresso gli investimenti in R&D delle imprese italiane.

Sul piano della concentrazione della titolarità, misurata con l'Indice di Herfindahl-Hirschman (HHI), si osserva una struttura bimodale: la maggior parte dei settori presenta HHI inferiore a 500, tipico di ecosistemi innovativi frammentati dove nessun soggetto domina il panorama brevettuale. Fanno eccezione due settori che registrano valori significativamente

più alti: l'elettrolisi (HHI = 1.872, quasi-monopolio di De Nora), le smart grid (HHI = 677, dominanza di Pirelli/Prysmian nei cavi superconduttori) e il geotermico (HHI = 586, mercato molto piccolo con pochi attori). Il fotovoltaico al silicio, con un HHI di soli 143, è il settore più atomistico, caratterizzato da 273 titolari diversi e nessun attore con quota superiore al 6%.⁷ Quanto alla tipologia dei soggetti brevettanti, si conferma la tendenza rilevata nel Capitolo 1 a partire dai dati PatStat internazionali: le grandi imprese (titolari con 10 o più brevetti nel database) concentrano la propria attività nei settori in cui la tecnologia è più matura e la valorizzazione del brevetto richiede risorse industriali significative, come le celle a combustibile (42,3% del totale di settore attribuibile a grandi imprese), l'elettrolisi (51,7%) e la cogenerazione

Fig. 2.1: Brevetti italiani per categoria tecnologica Indice di concentrazione di Herfindahl-Hirschman

Fonte: elaborazioni I-Com su database PatStat



⁷ L'Indice di Herfindahl-Hirschman (HHI) misura la concentrazione della titolarità brevettuale. Si calcola come la somma dei quadrati delle quote percentuali di ciascun titolare, moltiplicata per 10.000. Valori sopra 1.500 indicano concentrazione elevata (tendenza al quasi-monopolio); tra 500 e 1.500 mercato moderatamente concentrato; sotto 500 struttura frammentata. Il riferimento convenzionale per la concorrenza nei mercati industriali è la soglia di 1.500 punti definita dalle linee guida antitrust statunitensi (DOJ/FTC).

(19,3%). Le PMI e gli inventori individuali, per contro, dominano l'idroelettrico (99,2%), l'energia marina (91,6%) e il geotermico (90,6%), ambiti dove le barriere d'ingresso tecniche sono più basse e l'innovazione è spesso incrementale e locale. Le università e gli enti di ricerca mantengono una presenza contenuta ma significativa nel nucleare/fusione (13,4%) e nel CSP (6,9%), coerentemente con la natura prevalentemente accademica della ricerca in questi campi⁸.

2.3. ANALISI SETTORIALE: STRATEGIE BREVETTUALI PER TECNOLOGIA

2.3.1. Celle a combustibile (1.059 brevetti, 21,3%)

Con 1.059 brevetti depositati nell'arco del periodo 1980-2024, le celle a combustibile rappresentano il settore quantitativamente dominante dell'innovazione energetica italiana per la riduzione delle emissioni. Il primato riflette una storica eccellenza nella chimica dei materiali di interfaccia e nella scienza degli elettrodi, che ha trovato nelle fuel cell un campo applicativo naturale. Il settore registra il suo picco nel 2010, con 62 brevetti in quell'anno, per poi avviare un declino graduale: il CAGR nel periodo 2000-2018 è negativo (-0,7%), segnale di una maturazione progressiva che ha progressivamente ridotto il tasso di innovazione "netta".

La struttura di titolarità è sorprendentemente frammentata (HHI = 202) per un settore di tale rilevanza tecnologica, con 361 titolari unici. Questo dato segnala la presenza di un ecosistema innovativo ricco ma poco coordinato, in cui la ricerca è distribuita tra grandi player, PMI specializzate e una significativa

componente di ricercatori individuali. I tre principali titolari – SOLVAY Specialty Polymers Italy (7,6%), SAES Getters (6,6%) e Industrie De Nora (4,8%) – coprono insieme meno del 20% del totale, confermando l'assenza di una leadership dominante.

SOLVAY Specialty Polymers, con 80 brevetti, è il maggiore depositante italiano nel settore. La sua strategia si concentra sulle membrane a scambio protonico (Nafion® e polimeri analoghi) indispensabili nelle PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) e negli elettrolizzatori PEM per la produzione di idrogeno verde. Il portafoglio copre sia i materiali base (fluoropolimeri ionomerici) sia i processi di laminazione e assemblaggio del membrane electrode assembly (MEA). SAES Getters, con 70 brevetti, porta invece la sua competenza storica nei getter – materiali assorbitori di gas residui in grado di mantenere il vuoto e la purezza dell'ambiente interno – applicata alla protezione degli stack SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) e ai sistemi di packaging per celle ad ossidi solidi.

Il filone di sviluppo dominante nel settore riguarda il miglioramento delle prestazioni e della durabilità dei componenti critici (membrane, elettrodi, catalizzatori) piuttosto che l'innovazione a livello di sistema. Questo posizionamento riflette la vocazione della chimica italiana: l'industria brevetta materiali e processi chimici che vengono poi integrati da OEM (Original Equipment Manufacturer) prevalentemente tedeschi, giapponesi e coreani. Una criticità strutturale dell'ecosistema è la scarsa presenza di brevetti sull'integrazione di sistema e sulla gestione intelligente della potenza, competenze oggi essenziali per la commercializzazione delle fuel cell stazionarie e automotive.

⁸ Il termine "PMI" nella classificazione dei soggetti brevettanti designa i titolari con meno di 10 brevetti nel database, che include sia le piccole e medie imprese formalmente costituite sia i singoli inventori persone fisiche. La categoria "grandi imprese" corrisponde ai titolari con 10 o più brevetti in portafoglio nel dataset. Questa distinzione non coincide esattamente con quella adottata nel Capitolo 1 (basata sulla tipologia giuridica del richiedente nel database PatStat), ma produce risultati coerenti: nei settori maturi con grandi operatori (elettrolisi, celle a combustibile, cogenerazione) la quota di grandi imprese supera il 40-50%.

2.3.2. Batterie e sistemi di accumulo (571 brevetti, 11,5%)

Il settore delle batterie e dei sistemi di accumulo elettrochimico registra 571 brevetti su tutto il periodo, con una crescita moderata (CAGR +3,3% nel 2000-2018) e un picco nel 2012. La distribuzione per periodi storici rivela una struttura insolita: il periodo pre-2000 pesa molto (144 brevetti, il 25% del totale di settore), riflettendo la lunga tradizione italiana nella tecnologia delle batterie al piombo-acido, trainata principalmente da Olimpio Stocchiero e dalla sua azienda (STOCCHIERO, poi EXIDE Technologies Italia), che con 54 brevetti rappresenta il 9,5% del totale settoriale.

Il primo titolare per numero di brevetti è Industrie De Nora (56 brevetti, 9,8%), la cui presenza in questo comparto riguarda prevalentemente gli elettrodi per batterie al flusso redox e per sistemi di accumulo industriale, in continuità con la sua tradizione nell'elettrochimica. FERRARI (37 brevetti, 6,5%) contribuisce con un portafoglio orientato verso i sistemi di alimentazione per veicoli, con brevetti su pack batteria, BMS (Battery Management System) e sistemi di ricarica per applicazioni motorsport ad alte prestazioni. La presenza combinata di queste tre tipologie di attori – l'inventore-imprenditore individuale specializzato (Stocchiero), il grande elettrochimico verticalmente integrato (De Nora) e l'OEM dell'automotive (Ferrari) – illustra la complessità della catena del valore nell'accumulo elettrochimico italiano. Nel periodo 2013-2018 il settore manifesta una significativa diversificazione tecnologica: accanto ai brevetti tradizionali sulle celle al piombo, emergono famiglie relative alle batterie litio-ferro-fosfato (LFP) per applicazioni stazionarie, ai supercapacitori per recupero energia in frenata e ai sistemi di accumulo termico integrato. Il confronto con i dati aggregati del Capitolo 1 – che indica l'accumulo come principale categoria di brevetti energetici italiani nel 2024 (27% del totale) – è coerente con l'accelerazione osservata nella seconda metà della serie storica e con la crescente attrattività commerciale dello storage per la

stabilizzazione delle reti elettriche con alta penetrazione rinnovabile.

2.3.3. Fotovoltaico al silicio (525 brevetti, 10,6%)

Il fotovoltaico al silicio è il settore per cui più basso è HHI (143), la struttura più atomistica dell'intero database: 273 titolari diversi, con il primo depositante – ENI – che non supera il 6,1% del totale. Questa frammentazione è la diretta conseguenza della natura del ciclo innovativo: il fotovoltaico italiano ha vissuto un brevissimo boom concentrato nel periodo 2008-2012 (236 brevetti su 525 totali, il 45%), trainato dagli incentivi del Conto Energia, che ha attratto un numero elevatissimo di nuovi entranti senza determinare la consolidazione di competenze sistemiche durature. ENI, con 32 brevetti (6,1%), ha costruito un portafoglio orientato soprattutto verso le celle a film sottile (thin film silicon) e le architetture di modulo per applicazioni in condizioni di irraggiamento diffuso, coerentemente con la sua strategia di diversificazione energetica. Applied Materials Italia (26 brevetti, 5,0%) ha depositato prevalentemente brevetti sui processi di deposizione (PECVD, PVD) per la fabbricazione di celle di silicio amorfo e microcristallino, riflettendo le attività del suo centro di R&D italiano. VISMUNDA (26 brevetti, 5,0%) ha sviluppato automazione e sistemi di assemblaggio per la produzione di moduli fotovoltaici, confermando la vocazione manifatturiera dell'industria italiana anche nel PV.

Il rapido esaurimento del ciclo innovativo dopo il 2013 – i brevetti scendono a 178 nel periodo 2013-2018 e a soli 69 nel 2019-2024 – riflette la perdita di competitività dell'industria manifatturiera fotovoltaica italiana di fronte all'ingresso massivo dei produttori cinesi di moduli a basso costo. Il confronto con i dati internazionali del Capitolo 1, che assegna all'Italia il 18% dei brevetti fotovoltaici nel 2024, evidenzia come il contributo italiano si stia riposizionando su nicchie ad alto valore aggiunto (celle perovskite, tec-

nologie bifacciali, inverter intelligenti) piuttosto che sulla produzione di celle al silicio convenzionale.

2.3.4. Bioenergia e biocarburanti (501 brevetti, 10,1%)

La bioenergia è il settore con il CAGR più elevato dell'intero database nel periodo 2000-2018 (+12,5%), nonché l'unico con picco nel 2015 anziché nel 2010, rivelando una traiettoria di crescita ritardata rispetto alle altre rinnovabili. Con 501 brevetti e un HHI di 399, il settore presenta una concentrazione moderata, in cui ENI Group (attraverso ENI S.p.A. e la controllata VERSALIS, ex Polimeri Europa) detiene una leadership combinata del 26% del totale: VERSALIS con 66 brevetti (13,2%) e ENI con 64 brevetti (12,8%). Il portafoglio brevettuale del gruppo ENI in questo settore è coerente con una strategia dichiarata di transizione verso la bioraffinazione: i brevetti coprono i processi di idrogenazione catalitica di oli vegetali e grassi animali per la produzione di idrocarburi rinnovabili (tecnologia Ecofining® sviluppata con UOP/Honeywell), i processi di digestione anaerobica avanzata per la produzione di biometano da scarti agricoli, e i catalizzatori per la depolimerizzazione di biomasse lignocellulosiche. Beta Renewables (19 brevetti, 3,8%), joint venture tra Chemtex e TPG Capital poi incorporata in Versalis, ha contribuito con i brevetti sul processo PROESA® per la produzione di etanolo di seconda generazione da paglia di frumento e canne energetiche, tecnologia che ha trovato applicazione industriale nell'impianto pilota di Crescentino (VC). Il filone di sviluppo principale identificato dai brevetti è la valorizzazione della biomassa di scarto (residui agricoli, scarti forestali, frazione organica dei rifiuti) piuttosto che la coltivazione di colture energetiche dedicate,

in linea con il principio europeo della gerarchia della biomassa. Questo orientamento è strategicamente rilevante perché posiziona l'industria italiana su tecnologie di seconda e terza generazione difficilmente replicabili con semplici economie di scala, differenziandola dalla competizione con i produttori asiatici di bioetanolo da mais o canna da zucchero.

2.3.5. Energia eolica (398 brevetti, 8,0%)

Il settore eolico italiano presenta la caratteristica più insolita dell'intero corpus: un singolo attore, Kite Gen Research S.r.l., detiene il 19,1% di tutti i brevetti del settore (76 documenti), un livello di concentrazione individuale senza precedenti nelle tecnologie rinnovabili italiane. Questa concentrazione spinge l'HHI a 461, il più alto tra i settori mainstream escluso l'idrolisi. Il fatto che il secondo e il terzo depositante siano rispettivamente ENEL Green Power (16 brevetti, 4,0%) e Massimo Ippolito individualmente (15 brevetti, 3,8%) – cofondatore di Kite Gen – conferma che la dominanza brevettuale nel vento italiano è sostanzialmente una scommessa tecnologica su una singola visione.⁹ Al di là della componente Kite Gen, il portafoglio eolico italiano rivela una struttura tipica dei paesi che hanno partecipato alla prima fase dell'eolico europeo come utilizzatori di tecnologia più che come produttori: molti brevetti su componenti (blade design, sistemi di yaw control, fondazioni offshore) depositati da PMI e inventori individuali, e pochi brevetti sull'integrazione di macchina da parte di produttori di turbine. In Italia non esiste un OEM eolico di rilievo – Vestas, Siemens/Gamesa ed Enercon dominano il mercato dell'installazione – e questo gap si riflette nell'assenza di brevetti di sistema. Il CAGR di +8,0% nel 2000-2018 riflette l'espansione del ciclo incentivato, ma il crollo a soli 26

⁹ La tecnologia Airborne Wind Energy (AWE) sviluppata da Kite Gen Research sfrutta aquiloni ad alta quota (300-1.000 m) per catturare venti geostrofici più stabili e intensi rispetto alle turbine convenzionali. Il portafoglio brevettuale (76 documenti, 19,1% del settore eolico italiano) copre il sistema di controllo del volo, la conversione meccanico-elettrica e le configurazioni di impianto. Il concetto è stato sviluppato principalmente da Massimo Ippolito, cofondatore di Kite Gen, presente anche come inventore individuale (15 brevetti, 3,8%).

brevetti nel 2019-2024 (da 176 nel 2008-2012) segnala il definitivo esaurimento della fase di adozione senza successione di un ciclo innovativo autoctono.

2.3.6. Solare termodinamico concentrato – CSP (334 brevetti, 6,7%)

Con 334 brevetti, il solare termodinamico concentrato (Concentrating Solar Power) rappresenta uno dei settori in cui l'Italia esprime la competenza industriale più originale e differenziata a livello internazionale. ENI è il primo titolare (48 brevetti, 14,4%), con un portafoglio che spazia dai concentratori a disco Stirling ai sistemi a torre con eliostati, ai collettori parabolici per la produzione di calore di processo. La presenza di università e centri di ricerca è significativa (6,9% del settore), in linea con la natura ancora sperimentale di alcune sottotecnologie.

Il caso più emblematico è Magaldi Industrie / Magaldi Power, che con 37 brevetti combinati (5,7% + 5,4%) rappresenta la più importante storia di innovazione originale del CSP italiano. Il sistema STEM® (Sand-based Thermal Energy Module) – che utilizza sabbia fine come mezzo di accumulo termico ad alta temperatura (fino a 700°C) per centrali solari a torre – è un'invenzione genuinamente italiana, con un portafoglio brevettuale costruito coerentemente a partire dal 2009 dopo la conclusione del ciclo precedente dedicato alla gestione delle ceneri di carbone (MACS®). La traiettoria temporale del settore rispecchia questa storia: quasi assente prima del 2008 (19 brevetti in 2000-2007), il CSP esplode nel periodo 2008-2012 (153 brevetti) e si mantiene attivo nel 2013-2018 (104

brevetti), a testimonianza di un ciclo di maturazione più lento rispetto al fotovoltaico.¹⁰

2.3.7. Cattura e stoccaggio della CO₂ (327 brevetti, 6,6%)

La cattura e lo stoccaggio della CO₂ (CCS/CCUS) è il settore con la traiettoria più peculiare: il picco non si colloca nel 2010 come per le rinnovabili elettriche, ma nel 2014 (32 brevetti), e il CAGR 2000-2018 è positivo (+6,7%), riflettendo la natura complementare di questa tecnologia rispetto alla decarbonizzazione industriale. I 327 brevetti del database mostrano un contenuto prevalentemente industriale: le parole chiave dominanti sono burner (bruciatore), furnace (forno industriale), industrial process – un lessico che rimanda alla combustione con cattura piuttosto che alle applicazioni power-to-gas o ai processi DAC (Direct Air Capture).

La leadership è condivisa da tre grandi player industriali: ITEA S.p.A. (30 brevetti, 9,2%), TENOVA (27 brevetti, 8,3%) e SAIPEM (20 brevetti, 6,1%). ITEA ha sviluppato la tecnologia di combustione in pressione in atmosfera oxy-fuel (combustione con ossigeno puro), che produce un flusso di CO₂ altamente concentrato eliminando la necessità di separazione post-combustione. TENOVA, del gruppo Techint, ha depositato brevetti sui forni industriali ad alta efficienza e sulla decarburizzazione dell'acciaio tramite idrogeno, posizionandosi all'intersezione tra siderurgia e decarbonizzazione. SAIPEM, con la sua tradizione nell'ingegneria di impianti offshore e onshore, contribuisce con soluzioni di cattura post-combustione e infrastrutture per il trasporto e lo stoccaggio geologico della CO₂.¹¹

10 Magaldi Industries ha sviluppato il sistema STEM® (Sand-based Thermal Energy Module), che utilizza sabbia fine come mezzo di stoccaggio termico per impianti solari termodinamici. Il sistema, brevettato a partire dal 2009, consente lo stoccaggio a temperature fino a 700°C con costi di materiale estremamente contenuti. Il portafoglio Magaldi nel dataset comprende sia la linea MACS® (pre-2007, gestione ceneri carbone) sia la linea STEM® (2009-2022), classificate separatamente nella cogenerazione industriale e nel CSP rispettivamente.

11 ITEA S.p.A. (Isotherm Technology for Energy and Environment Applications), joint venture tra Saipem ed Enel, ha sviluppato la tecnologia di combustione in pressione con cattura della CO₂ oxy-fuel. Il processo brucia combustibile in atmosfera di ossigeno puro e CO₂ riciclata, eliminando le emissioni di NOx e producendo un flusso concentrato di CO₂ pronto per lo stoccaggio geologico. Il portafoglio brevettuale ITEA (30 documenti) copre il design del bruciatore, il controllo di processo e le configurazioni di ciclo.

Il posizionamento italiano in questo settore è strategicamente rilevante nell'ottica delle politiche industriali europee: la decarbonizzazione hard-to-abate (acciaio, cemento, chimica) richiede necessariamente tecnologie CCS, e l'Italia dispone di competenze industriali specifiche nell'ingegneria di processo che non hanno equivalenti diretti nelle sole rinnovabili elettriche. Il relativo declino dei brevetti nel 2019-2024 (32 documenti, il valore più basso di tutti i periodi successivi al 2008) non segnala necessariamente una riduzione dell'attività innovativa, ma è da attribuire in parte al ritardo di pubblicazione strutturale già discusso.

2.3.8. Cogenerazione e combustione avanzata (218 brevetti, 4,4%)

La cogenerazione e la combustione avanzata raccolgono 218 brevetti con un CAGR del +4,6% nel periodo stabile, confermando una crescita graduale e costante alimentata dalle tecnologie Organic Rankine Cycle (ORC) per il recupero del calore di scarto e dai sistemi di turbogas per applicazioni industriali. I due principali titolari – ANSALDO ENERGIA (22 brevetti, 10,1%) e NUOVO PIGNONE (20 brevetti, 9,2%) – rappresentano l'eccellenza italiana nella costruzione di turbomacchinari a gas e vapore, storicamente fornitori di Enel, ENI ed operatori petroliferi internazionali.

Nuovo Pignone, ora parte del gruppo Baker Hughes – GE, ha costruito un portafoglio orientato alla massimizzazione dell'efficienza termodinamica dei cicli combinati e alla riduzione delle emissioni di NOx tramite combustori a premiscelazione povera (lean premix). ANSALDO ENERGIA ha invece focalizzato la propria ricerca sulle turbine a gas di grande taglia per impianti centralizzati, con brevetti sul raffreddamento avanzato delle pale e sull'integrazione con accumuli termici. Entrambi gli attori configurano un segmento brevettuale che non è rinnovabile nel senso stretto, ma che contribuisce alla transizione energetica attraverso l'aumento dell'efficienza di conversione fossile e il graduale passaggio ai combustibili a basso carbonio (idrogeno, ammoniaca, biometano).

2.3.9. Elettrolisi e idrogeno verde (178 brevetti, 3,6%)

Il settore dell'elettrolisi e dell'idrogeno verde è il più concentrato dell'intero database energetico italiano, con un HHI di 1.872 – valore che indica una struttura di quasi-monopolio secondo i parametri convenzionali. Industrie De Nora detiene da sola 73 brevetti (41,0% del totale settoriale), cui si aggiungono 19 brevetti di De Nora Elettrodi (10,7%) e 9 brevetti di UHDENORA Technologies (5,1%), joint venture tra De Nora e Uhde/ThyssenKrupp. Complessivamente, l'ecosistema De Nora controlla circa il 57% di tutti i brevetti italiani nell'elettrolisi, una posizione di leadership tecnologica che non ha equivalenti in nessun altro settore dell'industria energetica italiana.

De Nora è l'azienda leader mondiale nella produzione di elettrodi attivati dimensionalmente stabili (DSA®) per l'industria cloro-soda e per la produzione di idrogeno tramite elettrolisi alcalina. Il portafoglio brevettuale riflette questa specializzazione verticale: le parole chiave dominanti sono electrolytic cell, electrode, electrolysis, oxygen, cathode – un lessico coerente con i processi di elettrolisi industriale a scala. Il declino del CAGR nel periodo 2000-2018 (-4,6%) non deve essere interpretato come un arretramento tecnologico, ma riflette la maturità della tecnologia di elettrolisi alcalina core (già ampiamente brevettata negli anni '90) e l'accumulo di know-how in forme diverse dalla brevetazione (segreto industriale, standard tecnici).

Nel periodo più recente (2013-2018), emerge una diversificazione verso l'elettrolisi PEM (Proton Exchange Membrane) per la produzione di idrogeno verde ad alta pressione e purezza, in risposta alla domanda crescente per l'idrogeno da mobilità fuel cell e per il power-to-gas. Questo riposizionamento strategico – documentato da 49 brevetti nel 2013-2018 su processi e materiali per elettrolizzatori PEM – posiziona De Nora come attore chiave nella filiera dell'idrogeno verde europea, con implicazioni significative per l'implementazione della Hydrogen Strategy europea prevista per il 2030.

2.3.10. *Nucleare e fusione* (172 brevetti, 3,5%)

Il settore nucleare e della fusione occupa una posizione del tutto speciale nella storia brevettuale italiana: con 93 brevetti depositati prima del 2000 – oltre il 54% del totale di settore – è l'unico comparto in cui il patrimonio pre-2000 supera di gran lunga l'attività successiva. Questo dato riflette direttamente la storia industriale italiana: fino alla chiusura definitiva degli ultimi reattori nel 1990 (Trino Vercellese e Caorso), l'Italia disponeva di una filiera nucleare integrata – ANSALDO per la costruzione di reattori, Montedison per il combustibile, ENEL per l'esercizio – che ha prodotto un significativo corpus brevettuale nei settori dei reattori ad acqua pressurizzata (PWR) e delle centrali ad acqua pesante.

Il picco brevettuale si colloca nel 1995, con 15 depositi concentrati su componenti per reattori ad acqua leggera e sistemi di sicurezza passiva. La ripresa nel periodo 2008-2012 (40 brevetti) riflette l'interesse suscitato dal dibattito sul "rinascimento nucleare" e dal progetto Astrid per il reattore di IV generazione a neutroni veloci, a cui ANSALDO Nucleare partecipava come partner industriale nel programma europeo. Il CAGR praticamente nullo nel lungo periodo indica che l'innovazione nucleare italiana è rimasta sostanzialmente in equilibrio – né in crescita né in declino – in attesa di una decisione di policy che negli ultimi decenni non è mai arrivata; benché il recente disegno di Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile pare avere buone possibilità di essere approvato prima della fine dell'attuale legislatura¹².

2.3.11. *Tecnologie minori: idroelettrico, energia marina, smart grid e geotermico*

Le categorie numericamente minori del database offrono spunti interpretativi significativi sulle nicchie di specializzazione italiana. L'idroelettrico (127 brevetti)

è caratterizzato da una struttura quasi integralmente frammentata in PMI e inventori individuali (99,2%), con innovazioni prevalentemente incrementali su turbine idrauliche di taglia medio-piccola (Pelton, Kaplan di piccola taglia, turbine ad asse verticale per corsi d'acqua poco profondi). La totale assenza di grandi imprese dal portafoglio brevettuale idroelettrico è coerente con il fatto che il grande idroelettrico italiano – dominato da Enel con le concessioni sui principali bacini alpini – non ha necessità di brevettare tecnologie standard, limitandosi a miglioramenti operativi coperti da segreto industriale.

L'energia marina (83 brevetti) mostra la presenza di Politecnico di Torino come unico istituto accademico tra i primi depositanti (6 brevetti, 7,2%), confermando il ruolo delle università nell'esplorazione di tecnologie emergenti a bassa maturità tecnologica. I brevetti riguardano principalmente sistemi convertitori del moto ondoso (wave energy converter, WEC) basati su oscillatori idraulici e colonne d'acqua oscillanti (OWC), con una finestra di attività concentrata nel periodo 2008-2012 in cui la ricerca europea sull'energia marina ha raggiunto il suo massimo investimento pubblico.

Le smart grid (75 brevetti) presentano una peculiarità: i principali depositanti sono Pirelli Cavi e Sistemi (14 brevetti, 18,7%) e Prysmian (7 brevetti, 9,3%) – la stessa azienda dopo la scissione – con un portafoglio concentrato sui cavi superconduttori ad alta temperatura (HTS) piuttosto che sulle tecnologie ICT di gestione della rete. Questo riflette l'interpretazione italiana di "smart grid" come innovazione nella trasmissione fisica dell'energia (riduzione delle perdite mediante superconduttori) più che nei sistemi di controllo e automazione. Il geotermico (32 brevetti), infine, resta il settore più esiguo nonostante il potenziale significativo delle risorse geotermiche italiane (Toscana, Lazio, Campania), segnalando un gap tra disponibilità della risorsa e capacità innovativa autoctona.

12 Che questo porti alla ripresa di una produzione di energia elettronucleare nel Paese è tuttavia altro e più complesso discorso.

2.4. LA STRUTTURA DELLA TITOLARITÀ: GRANDI ATTORI, STRATEGIE DI PORTAFOGLIO E DINAMICHE COMPETITIVE

L'analisi incrociata delle titolarità brevettuale tra i diversi settori rivela un'architettura industriale dell'innovazione energetica italiana più strutturata di quanto la frammentazione dei singoli settori potrebbe suggerire. Accanto a una massa di titolari mono-settoriali con specializzazione verticale, emergono alcuni attori, che attraversano più categorie tecnologiche con strategie di portafoglio coerenti e identificabili. Di questi, tre, per quanto riguarda le sole tecnologie energetiche, presentano strategie di portafoglio sufficientemente strutturate da meritare un'analisi distinta: ENI, De Nora e Ansaldo.

2.4.1. ENI: il grande diversificatore multi-settoriale

ENI S.p.A. è l'unico attore con una presenza brevettuale rilevante ($\geq 3\%$) in sei settori tecnologici distinti: fotovoltaico al silicio (6,1%), bioenergia (12,8%), CSP

(14,4%), PV organico/DSC (11,8%), idroelettrico (4,7%) ed energia marina (6,0%), oltre alla presenza attraverso VERSALIS nel segmento biocarburanti (13,2%) e tramite VERSALIS stessa nei polimeri per energia, costruita negli anni 2005–2015 principalmente attraverso i centri di ricerca ENI (Novara, Donegani).

Una scelta di diversificazione sistematica che pare riflettere una scelta esplicita di hedging tecnologico: brevettare su fronti multipli per mantenere opzioni aperte in un contesto di alta incertezza sulla tecnologia vincente. Volendo dare una lettura critica, questo posizionamento suggerirebbe una qualche difficoltà (o volontà) di selezione: la distribuzione ampia ma relativamente bassa del portafoglio ENI su tutti i fronti rinnovabili (nessun settore supera il 15% di quota di mercato brevettuale) non ha prodotto – almeno fino ad oggi – una leadership tecnologica riconosciuta in nessuno di questi ambiti. Un'impostazione, ad esempio, opposta a quella della ben più piccola De Nora (v. *infra*) molto focalizzata e specializzata. Anche Eni tuttavia pare orientata a lasciare la fase di diversificazione esplorativa per dare spazio a concentrazioni più selettive su poche tecnologie (biofuel di seconda

Tab. 2.2: Principali titolari e carattere della leadership per settore (database Y02E/Y02C, 1980-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su database PatStat. La quota si riferisce alla frazione del singolo titolare sui brevetti della rispettiva categoria. Il "carattere della leadership" è valutazione qualitativa basata sull'analisi dei titoli e abstract.

Settore	Primo titolare (quota)	N brevetti	Carattere della leadership
Celle a combustibile	SOLVAY Specialty Polymers (7,6%)	80	Grande impresa – materiali membrane
Batterie / Accumulo	INDUSTRIE DE NORA (9,8%)	56	Grande impresa – elettrodi
Fotovoltaico al silicio	ENI (6,1%)	32	Grande impresa – diversificazione
Bioenergia / Biocarburanti	VERSALIS (13,2%)	66	Grande impresa (ENI group) – chimica verde
Energia eolica	KITE GEN RESEARCH (19,1%)	76	Startup – tecnologia radicale AWE
CSP / Solare termico	ENI (14,4%)	48	Grande impresa – solare concentrato
Cattura CO ₂	ITEA S.p.A. (9,2%)	30	JV industriale – combustione in pressione
Cogenerazione / Combustione	ANSALDO ENERGIA (10,1%)	22	Grande impresa – turbine a gas
Elettrolisi / Idrogeno	INDUSTRIE DE NORA (41,0%)	73	Quasi-monopolio – elettrodi industriali
Nucleare / Fusione	ANSALDO (9,9%)	17	Grande impresa – reattori PWR

generazione, CCS, geotermica) nelle quali le competenze distintive dell'industria petrolifera ed estrattiva possono creare differenziazione reale.

2.4.2. Industrie De Nora: la verticalizzazione nell'elettrochimica

Al polo opposto della strategia ENI si colloca Industrie De Nora, che costruisce la sua posizione brevettuale sulla verticalizzazione profonda in un'unica disciplina – l'elettrochimica degli elettrodi – declinata però su tre applicazioni distinte: l'elettrolisi cloro-soda (cuore storico del business), le batterie al flusso e industriali, e le celle a combustibile. Con 73 brevetti nell'elettrolisi (41%), 56 nelle batterie (9,8%) e 51 nelle celle a combustibile (4,8%), De Nora ha costruito un portafoglio integrato che copre tutta la catena del valore dell'elettrochimica per l'energia: dalla produzione di idrogeno (elettrolisi) alla sua conversione in elettricità (fuel cell), passando per lo stoccaggio (batterie a flusso).

Questa strategia di verticalizzazione disciplinare è il modello brevettuale più coerente e difendibile nel portfolio energetico italiano: De Nora non diventa mai il più brevettato in nessuna delle tre applicazioni prese individualmente (eccetto l'elettrolisi dove è quasi-monopolista), ma la sua competenza orizzontale sugli elettrodi – i componenti che regolano le reazioni di ossido-riduzione in tutti i dispositivi elettrochimici – crea barriere all'imitazione che vanno ben oltre il singolo brevetto.

2.4.3. Ansaldo e la filiera termomeccanica ad alta temperatura

La terza strategia di portafoglio identificabile nel panorama brevettuale energetico italiano è quella incarnata dall'insieme industriale che gravita attorno ad ANSALDO: ANSALDO Energia per le turbine a gas

e vapore di grande taglia, ANSALDO Nucleare per i componenti dei reattori, e NUOVO PIGNONE per i compressori e turbine per applicazioni oil & gas. Quest'ultimo soggetto, pur essendo oggi una divisione di Baker Hughes a seguito dell'acquisizione da parte di GE nel 2017, mantiene il proprio polo di ricerca e sviluppo fisicamente radicato a Firenze, con brevetti che continuano a originare prevalentemente da inventori italiani: per questa ragione è incluso nell'ecosistema ANSALDO come espressione della competenza termomeccanica italiana¹³.

Con 42 brevetti in cogenerazione e turbomacchine (22 ANSALDO Energia + 20 Nuovo Pignone, quota combinata del 19,3%) e 17 nel nucleare (9,9%), il portafoglio aggregato si concentra su una disciplina tecnica fondamentale: l'ingegneria termofluidodinamica ad alta temperatura. Analogamente a quanto De Nora realizza nell'elettrochimica degli elettrodi, ANSALDO presidia una competenza orizzontale – generazione a ciclo combinato, recupero del calore di scarto, generazione nucleare – senza che questa trasversalità corrisponda a diversificazione tecnologica. Il denominatore comune è sempre la gestione di flussi di fluido ad alta entalpia in macchine rotanti ad altissima affidabilità.

I filoni brevettuali del gruppo si articolano su tre aree principali: i sistemi di raffreddamento avanzato delle pale per aumentare le temperature di ingresso in turbina; la combustione a premiscelazione povera (*lean premix*) per la riduzione delle emissioni di NOx nei bruciatori industriali; l'integrazione dei cicli combinati con accumuli termici per aumentarne la flessibilità operativa. Nuovo Pignone contribuisce con brevetti sui compressori centrifughi ad alta efficienza, la cui architettura tecnica si trasferisce naturalmente dalla compressione degli idrocarburi fossili alla compressione di idrogeno e CO₂ destinata allo stoccaggio geologico.

13 Il lettore interessato alla sola attività brevettuale di soggetti giuridicamente italiani può escludere il contributo di Nuovo Pignone dalla quota aggregata in Cogenerazione (riducendola al 10,1%, corrispondente ai soli 22 brevetti di ANSALDO Energia), senza che ciò alteri le conclusioni qualitative sul posizionamento strategico del gruppo.

Vi è infine il portafoglio ANSALDO Nucleare costruito nei periodi di massima attività del ciclo incentivato 2008-2012 nell'ambito del programma Astrid per i reattori di IV generazione.

2.5. FILONI TRASVERSALI DI SVILUPPO E IMPLICAZIONI STRATEGICHE

2.5.1. I cicli di innovazione e la dipendenza dagli incentivi

L'analisi temporale aggregata rivela una vulnerabilità strutturale dell'innovazione energetica italiana: la dipendenza dalla domanda indotta dagli incentivi pubblici. I picchi di attività brevettuale del 2008-2012 coincidono quasi perfettamente con i periodi di massima generosità del Conto Energia fotovoltaico, del Conto Energia termico e dei Certificati Verdi per le rinnovabili elettriche. Il successivo ritiro degli incentivi, accentuato dalle manovre di rimodulazione del 2013-2014, ha determinato un calo altrettanto brusco dell'attività innovativa in quasi tutti i settori. Questo pattern – espansione rapida seguita da rapida contrazione – genera portafogli brevettuali “di ciclo” che raramente sopravvivono alla fase di mercato libero: le aziende accumulano brevetti durante il boom incentivato ma non sempre hanno la massa critica per valorizzarli commercialmente una volta terminata la spinta regolatoria.

Fanno eccezione significativa i settori in cui la traiettoria innovativa è guidata da forze di mercato più ampie piuttosto che dai soli incentivi nazionali: la bioenergia (il cui CAGR del +12,5% è trainato dalla domanda europea di biocombustibili nei trasporti), la cattura della CO₂ (sostenuta dal crescente peso del sistema EU-ETS) e l'elettrolisi/idrogeno (incentivata dalla Hydrogen Strategy europea del 2020 e dagli accordi bilaterali Italia-Germania per la H2 Backbone). In questi settori, la continuità dell'attività brevettuale è più sostenuta e strutturalmente meno vulnerabile alle variazioni di policy nazionali.

2.5.2. Il gap nella valorizzazione commerciale

Un elemento di attenzione critica è il divario tra la numerosità del portafoglio brevettuale italiano – quarto in Europa per brevetti energetici nelle tecnologie Y02E – e la quota di mercato nelle principali filiere tecnologiche. L'Italia brevetta attivamente nel fotovoltaico ma non ha (ancora) produttori di moduli competitivi; brevetta nell'eolico ma non ha turbinisti; brevetta nelle batterie ma non ha gigafactory. Questo gap tra innovazione formale (brevetti) e innovazione commerciale (capacità produttiva) suggerisce che il sistema incentivi italiano abbia stimolato efficacemente la fase di ricerca e sviluppo senza però riuscire a trascinare la fase successiva di industrializzazione. Le eccezioni a questo schema – De Nora nell'elettrolisi, Magaldi nel solare termodinamico, ANSALDO nelle turbine a gas – condividono alcune caratteristiche comuni: un portafoglio brevettuale costruito nel tempo con continuità strategica (non di ciclo incentivato), la presenza di mercati globali stabili (la domanda di elettrodi cloro-soda non è legata agli incentivi nazionali), e la capacità di difendere le posizioni tecnologiche attraverso standard tecnici e certificazioni internazionali oltre che attraverso brevetti. Questi casi rappresentano i modelli di riferimento per una strategia industriale più efficace.

2.5.3. Coerenza con la posizione internazionale e traiettorie future

Il confronto con i dati internazionali del Capitolo 1 offre un quadro di riferimento per valutare la posizione competitiva italiana nell'innovazione energetica globale. Il Capitolo 1 documenta che l'Italia detiene circa il 2% dei brevetti mondiali Y02E nei settori residuali (combustibili di origine non fossile, solare termodinamico, cattura delle emissioni), con una quota sull'1% nelle tecnologie principali. Questi numeri, apparentemente modesti, sottendono tuttavia nicchie di competenza autentica e difficilmente replicabile,

dove l'industria italiana compete con attori globali di primaria importanza.

La crescita del +14% nei brevetti italiani Y02E dal 2010 al 2024 – documentata nel Capitolo 1 – è coerente con la traiettoria del database analizzato in questo capitolo, che registra un'attività sostenuta nel periodo 2013-2018 soprattutto in bioenergia, cattura della CO₂ e idrogeno. Entrambe le fonti convergono nel segnalare lo stesso punto critico: l'Italia è sistematicamente assente nelle tecnologie di sistema (gestione avanzata della rete, integrazione storage-renewables, veicoli elettrici) e nei componenti elettronici di potenza, settori in cui la leadership cinese e coreana è schiacciante. Le traiettorie di sviluppo brevettuale emergenti nei dati più recenti (2019-2024, con le cautele del ritardo di pubblicazione) mostrano segnali di riposizionamento verso l'idrogeno verde, la CCS e le tecnologie di circolarità delle materie prime

critiche – filoni in cui l'Europa ha ancora opportunità concrete di costruire differenziazione competitiva rispetto all'Asia.

In conclusione, l'analisi brevettuale di lungo periodo dell'industria energetica italiana rivela un ecosistema con punti di eccellenza reale – elettrochimica degli elettrodi, ingegneria di processo industriale, biomasse di seconda generazione, solare termodinamico concentrato – circondata da una corona di innovatori frammentati e scarsamente coordinati che seguono l'onda degli incentivi senza costruire posizioni competitive durature. La sfida strategica per il prossimo decennio è trasformare le nicchie di eccellenza in piattaforme industriali scalabili, sfruttando i nuovi strumenti di politica industriale europea (NZIA, European Hydrogen Bank, Innovation Fund ETS) per finanziare quella fase di industrializzazione che gli incentivi nazionali degli anni 2010 non sono riusciti a catalizzare.

CAPITOLO 3

I BREVETTI PER LA MOBILITÀ ELETTRIFICATA

3.1. INTRODUZIONE E APPROCCIO
METODOLOGICO

Contrastare il cambiamento climatico è diventato una delle sfide più urgenti a livello globale, con un’attenzione crescente da parte della comunità internazionale. Tra i settori maggiormente responsabili delle emissioni climalteranti figura quello dei trasporti, che richiede una trasformazione strutturale per ridurne l’impatto ambientale. Secondo i dati Eurostat, nel 2025 l’Unione Europea ha registrato un incremento annuale delle emissioni di gas serra pari all’1%, portando il totale delle emissioni a un livello inferiore del 17% rispetto al 2015, ma comunque in lieve crescita rispetto al 2024. Nello stesso arco di tempo, il PIL dell’UE è cresciuto del 17,5%, a prova del progressivo disaccoppiamento tra sviluppo economico e impatto ambientale.

Il settore dei trasporti – responsabile di circa un quarto delle emissioni europee – è centrale nel percorso verso la neutralità climatica, ma i progressi restano insufficienti: le emissioni del comparto superano ancora i valori del 1990 e faticano a instradarsi verso la diminuzione. Secondo le stime preliminari Eurostat, nel 2025 le emissioni del settore NACE “Transportation and storage” sono cresciute di circa lo 0,9% in confronto all’anno precedente. All’interno dei trasporti, il trasporto stradale merita un’attenzione particolare, pesando da solo per oltre il 70% delle emissioni del settore.

Con le politiche attualmente in vigore, i livelli emissivi al 2030 rimarrebbero ancora superiori del 4% rispetto a quelli del 1990. È dunque necessario rafforzare le misure a sostegno delle tecnologie pulite: l’elettrificazione dei trasporti e l’adozione di carburanti a basse emissioni potrebbero offrire un contributo decisivo al raggiungimento degli obiettivi climatici. In questo scenario, l’innovazione assume un ruolo strategico, e la sua evoluzione si riflette nell’attività brevettuale del settore, indicatore indiretto ma significativo della spinta verso soluzioni di mobilità più sostenibili. Questa sezione del Rapporto propone un’analisi del-

la capacità innovativa di alcuni Paesi nel campo della mobilità sostenibile, con focus sulla produzione brevettuale. L’obiettivo è offrire un quadro comparativo dell’attività di ricerca e sviluppo attraverso il conteggio annuale dei brevetti concessi per ciascun Paese. L’approccio è di tipo descrittivo e si avvale dei dati estratti da PatStat, la banca dati dell’Ufficio Europeo dei Brevetti (EPO), considerata tra le più complete a livello internazionale in materia brevettuale.

L’utilizzo di questa fonte comporta tuttavia alcune limitazioni. PatStat viene aggiornato con cadenza semestrale – in primavera e in autunno – e il processo di registrazione dei brevetti, unitamente all’integrazione dei dati provenienti dalle diverse autorità nazionali, genera un ritardo di circa quattro anni nella disponibilità dei dati consolidati. I dati relativi agli anni successivi al 2022 sono pertanto ancora da considerarsi provvisori. Il Rapporto include comunque le informazioni fino al 2024, ricavate dall’edizione autunnale 2025 di PatStat, per offrire una prima stima – seppur non definitiva – della situazione attuale e delle tendenze emergenti nell’innovazione legata alla mobilità sostenibile.

All’interno del database, i brevetti sono organizzati in struttura ad albero, che consente una classificazione gerarchica per ambito tecnologico, dalla macrocategoria fino al singolo componente. Oltre all’analisi globale, i brevetti sono stati attribuiti ai rispettivi paesi sulla base della nazionalità del richiedente, criterio

Tav. 3.1: I brevetti tecnologici selezionati per delineare l’eco-innovazione nella mobilità elettrificata

Fonte: elaborazioni I-Com su dati CPC

Descrizione	Codice CPC
Veicoli ibridi	Y02T 10/62
Veicoli elettrici	Y02T 90/14
Energy storage	Y02T 10/70
Stazioni di Ricarica	Y02T 90/12
Tecnologie a Idrogeno (incluse fuel cell)	Y02T 90/40

che ha permesso di selezionare un campione di Stati particolarmente rilevanti: Cina, Stati Uniti, Giappone, Corea del Sud, Germania, Regno Unito, Francia, Italia e India. La parte conclusiva del capitolo è dedicata a un approfondimento sul contesto italiano, con l'obiettivo di metterne in luce specificità, punti di forza e criticità nel panorama internazionale.

3.2. BREVETTI E TECNOLOGIE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE: IL CONTESTO GLOBALE

Come evidenziato anche nelle precedenti edizioni del Rapporto, nell'ambito della mobilità sostenibile è la categoria degli energy storage a registrare il maggior numero di brevetti concessi. Nel 2024 il dato ha superato le 8.000 unità, ma già nel 2015 questa tecnologia si confermava la più rilevante con 3.337 brevetti, segnando da allora una crescita di circa 4.700 unità, o +142%. Nessuna fra le altre tecnologie considerate raggiunge i 2.000 brevetti nel 2024, sebbene i veicoli ibridi ed elettrici si avvicinino a questa soglia, mostrando però tendenze divergenti: i veicoli ibridi sono l'unica categoria tecnologica a mostrare una contrazione nei brevetti concessi dal 2015 al 2024 (-14%), mentre i vei-

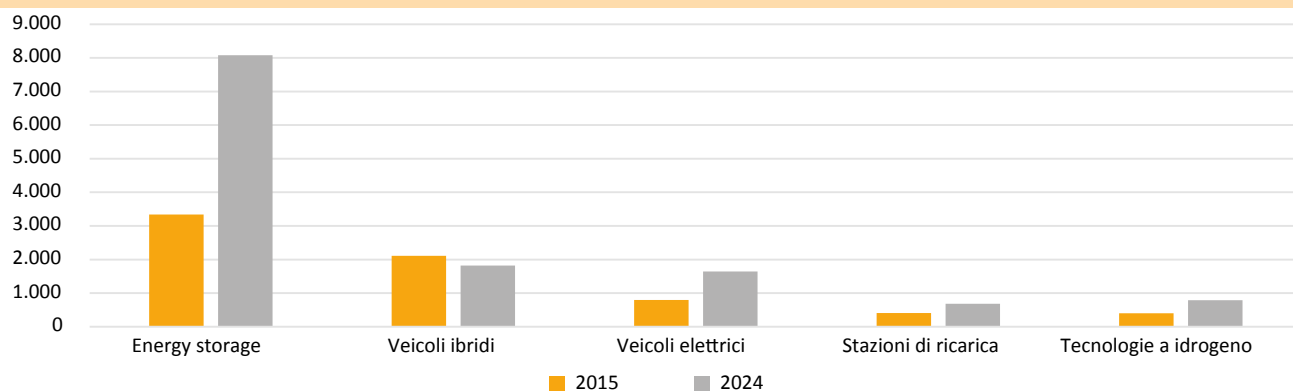
coli elettrici mostrano un incremento percentuale nel periodo considerato secondo solo a quello dell'energy storage (106%). Più distanti rimangono le tecnologie all'idrogeno e alle stazioni di ricarica, sebbene gli aumenti nella brevettazione siano stati consistenti anche per queste due categorie rispetto al 2015, con rispettivamente +96% e +67% (Fig. 3.1).

L'evoluzione delle tecnologie relative all'energy storage mostra una tendenza quasi sempre in aumento escludendo solo il 2024, ma questa diminuzione potrebbe smentirsi con il consolidamento dei dati. Oltre all'energy storage, la crescita più netta si osserva per i veicoli elettrici, categoria che contava a malapena 137 brevetti nel 2012 e che arriva a 1.645 nel 2024. Il numero di brevetti negli altri campi tecnologici considerati è soggetto a oscillazioni (Fig. 3.2).

Le tecnologie legate all'energy storage rappresentano la quota maggiore sul totale relativamente al numero di brevetti concessi per tutto il periodo considerato. Rispetto al 2015, il loro peso percentuale è aumentato di 15 punti percentuali, raggiungendo il 62%. Seguono i veicoli ibridi con una quota del 14% in diminuzione rispetto al 2015 di ben 16 punti. I veicoli elettrici continuano a rappresentare la terza categoria più brevettata in termini di frequenza, con un aumento di soli due punti percentuali sull'incidenza

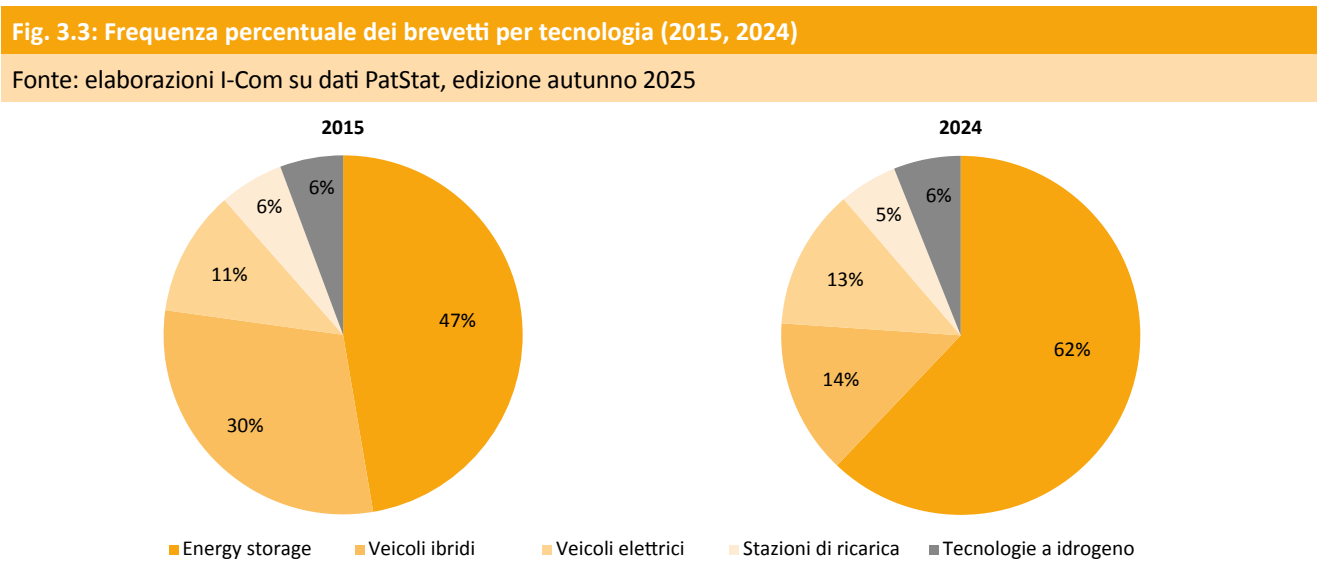
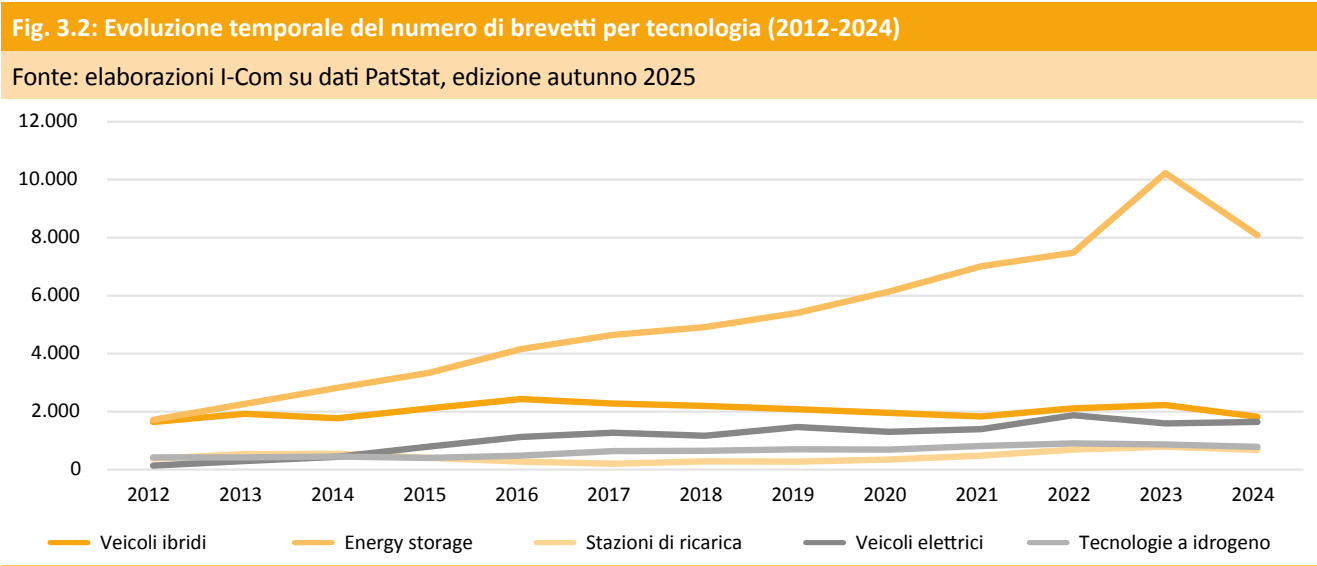
Fig. 3.1: Numero di brevetti per tecnologia (2015, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



totale. Le stazioni di ricarica perdono un punto percentuale, mentre le tecnologie a idrogeno mantengono immutato il loro peso (Fig. 3.3). La distribuzione geografica dei brevetti nella mobilità sostenibile rivela trasformazioni profonde negli equilibri tra Paesi. Nel 2015 il Giappone guidava la classifica con circa 1.812 brevetti; nel 2024 ne conta meno di 1.100, accusando un calo del 41%. All'estremo

opposto si colloca la Cina, che nello stesso periodo ha compiuto un balzo straordinario: da appena 225 brevetti nel 2015 a 3.397 nel 2024, con una crescita dell'1.410% sull'intero arco temporale. Al secondo posto si confermano gli Stati Uniti con 1.461 brevetti, in crescita del 34% rispetto al 2015, che per solo una decina di brevetti riescono a mantenere il loro piazzamento davanti alla Corea del Sud.



Il quadro europeo appare più arretrato. La Germania si distingue come la più solida tra le nazioni del continente, con oltre 1.000 brevetti nel 2024 e un andamento decisamente positivo rispetto al 2015, +76%. Il Regno Unito segna un 135% sul 2015, pur restando su volumi nettamente inferiori agli altri paesi. La Francia mostra un calo del 27%, mentre la brevettazione italiana manda segnali positivi, con un aumento sul 2015 dell'86%. Sostanzialmente invariate le posizioni di Spagna e India (Fig. 3.4).

Analizzando le quote sul totale dei brevetti del gruppo di Paesi considerato, emerge con ancora maggiore chiarezza la crescita cinese: nel 2024 la Cina copre il 38% del totale, con un incremento di 34 punti percentuali rispetto al 2015. Il peso relativo di tutti gli altri Paesi, a eccezione della Germania – per cui rimane immutato – e di Regno Unito e Italia – per cui aumenta di un punto percentuale – diminuisce (Fig. 3.5). Il calo relativo più importante avviene per il Giappone, il cui peso sul totale nel 2024 diventa un terzo di quello osservato nel 2015.

Fig. 3.4: Confronto del numero di brevetti concessi tra il 2015 e il 2024 per Paese

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

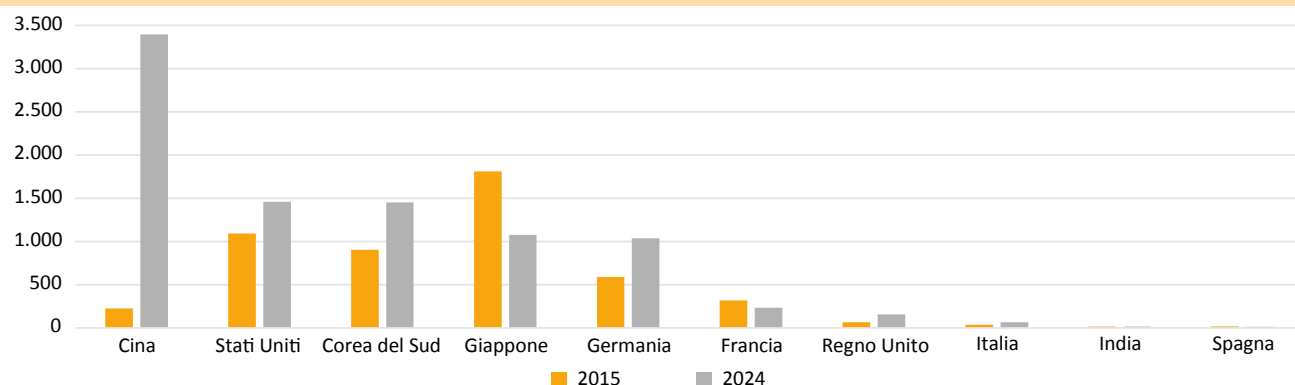


Fig. 3.5: Brevetti depositati nel mondo in ambito mobilità elettrificata, per Paese (2015, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



Solo Corea del Sud e Stati Uniti riescono contemporaneamente ad aumentare il numero di brevetti e a proporsi come competitor credibili rispetto alla Cina, che mantiene comunque un vantaggio considerevole. Il Giappone, pur collocandosi ancora sopra la media del campione per volumi assoluti, mostra un trend di lungo periodo decisamente in declino e con livelli di brevettazione odierni simili alla Germania, con quest'ultima che rafforza la sua posizione.

Nel 2024 l'energy storage si conferma la categoria dominante per tutti i Paesi del campione tranne l'Italia, dove prevalgono i veicoli ibridi. Il suo peso nella composizione brevettuale nazionale varia tra un minimo del 36%, riferito appunto al nostro Paese, e un massimo del 73%, attribuibile all'India.

Sul fronte della tipologia di veicoli, solo Stati Uniti (13%) e Regno Unito (15%) mostrano una maggiore concentrazione di brevetti sui veicoli elettrici rispetto agli ibridi, sebbene di poco. Cina e Corea del Sud presentano una distribuzione più equilibrata tra le due tipologie, con quote riferite ai brevetti per i veicoli elettrici che si attestano all'8%, ma con una prevalenza dei veicoli ibridi. Le restanti nazioni comprese nell'analisi registrano una prevalenza netta della brevettazione sui veicoli ibridi (Fig. 3.6).

Nel 2015, il Giappone, all'interno del campione di Paesi selezionati, deteneva la maggior parte dei brevetti concessi per ogni tecnologia. A titolo di esempio, il Paese del Sol Levante possedeva il 38% dei brevetti nell'ambito delle stazioni di ricarica, mentre le quote più piccole erano quelle relative alle tecnologie ad idrogeno e ai veicoli elettrici, dove comunque si attribuivano al Giappone il 30% di queste tecnologie. Importanti erano anche i ruoli di Stati Uniti, Corea del Sud e Germania e, per i veicoli elettrici, della Francia. Ad oggi, come evidenziato in più punti di questo capitolo, il Giappone ha perso largamente terreno in termini di propensione brevettuale e riesce a superare la soglia del 15% soltanto per i veicoli ibridi. Tecnologia quest'ultima dove, come per le tecnologie ad idrogeno, si è verificata una

discreta tendenza verso una distribuzione più omogenea. Nel campo dell'Energy Storage, delle Stazioni di ricarica e dei veicoli elettrici si è verificato un cambiamento nella posizione di comando, con la Cina che ha sostanzialmente sostituito il Giappone.

Dall'analisi della variazione della quota percentuale per tecnologia relativa ai Paesi considerati, emerge che la Cina ha incrementato massicciamente la sua presenza in ogni settore, con una variazione relativamente più piccola per le tecnologie ad idrogeno. Infatti, quest'ultima categoria è l'unica a non vedere il dominio cinese, ma i brevetti sono a prevalenza sud coreana. Dal 2015 al 2024 la Cina fa un balzo di +38 punti percentuali per energy storage e stazioni di ricarica, dove prevale largamente. Meno marcato il dominio sui veicoli elettrici, dove gli Stati Uniti emergono come secondo Paese per brevettazione.

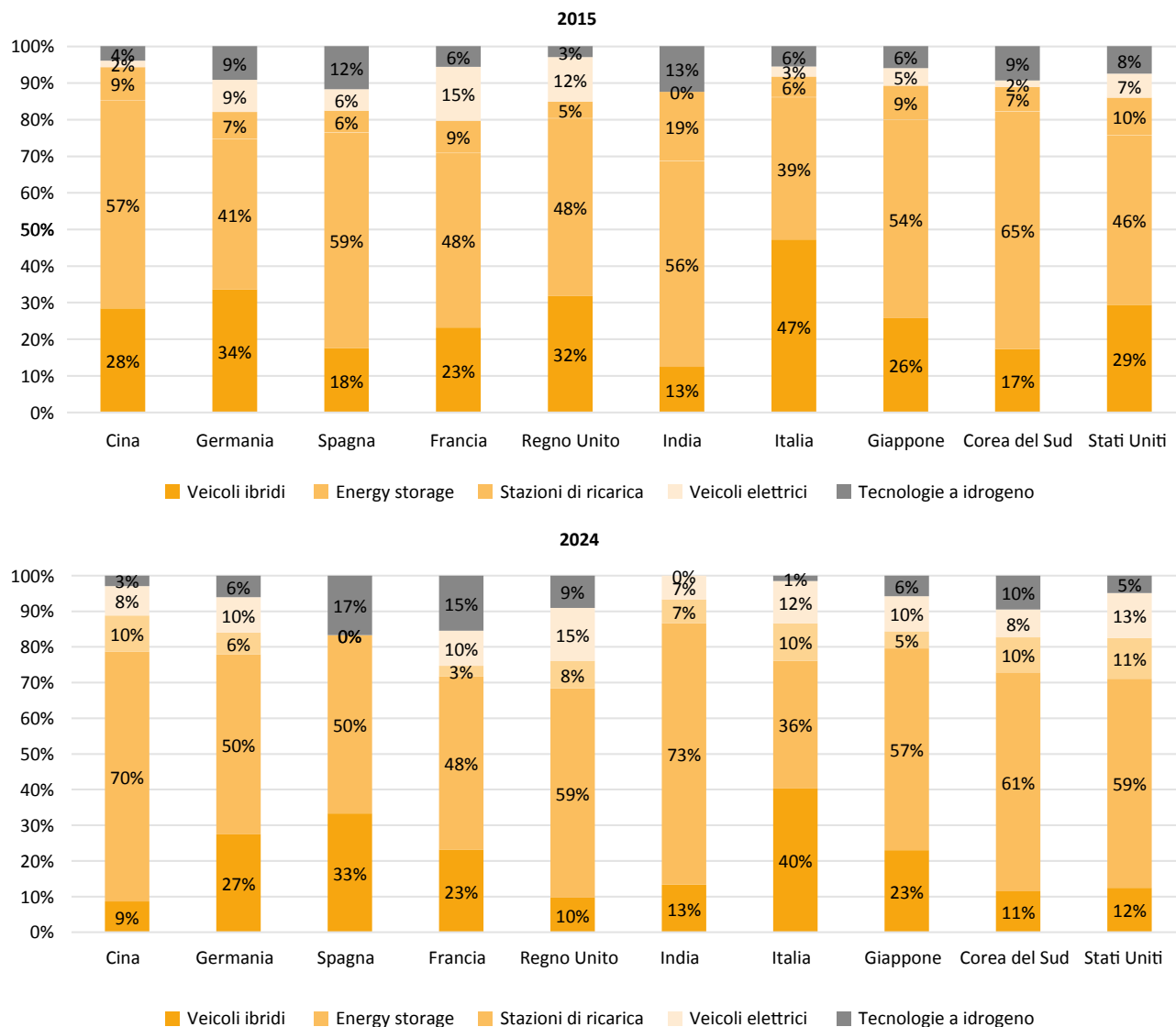
Per quanto riguarda il gruppo europeo, la Germania si conferma l'economia di riferimento anche per il 2024. Infatti, è l'unica che riesce a superare la quota del 10% per quattro delle tecnologie considerate (Fig. 3.7).

Come anticipato in apertura di capitolo, il database PatStat viene aggiornato con cadenza semestrale, nelle edizioni di primavera e di autunno. A ciò si aggiunge il ritardo strutturale di circa quattro anni nella disponibilità dei dati consolidati, dovuto alle tempistiche del processo di registrazione dei brevetti e al tempo necessario all'EPO per integrare i dataset provenienti dalle autorità nazionali.

Sulla base delle stime di Fiorini et al. (2017), l'edizione primaverile 2016 di PatStat offriva dati completi per il 2012, una copertura parziale di circa il 75% per il 2013 e una copertura iniziale del 30% per il 2014. Applicando la stessa logica all'edizione autunnale 2025 – quella utilizzata nella presente analisi – si può ragionevolmente ritenere che i dati al 2022 siano ormai consolidati, quelli al 2023 abbiano raggiunto un buon livello di completezza, mentre quelli al 2024 siano ancora in una fase preliminare e da considerarsi provvisori. Nonostante ciò, l'inclusione di que-

Fig. 3.6: Distribuzione percentuale dei brevetti relativi a ciascun Paese, per tecnologia (2015, 2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



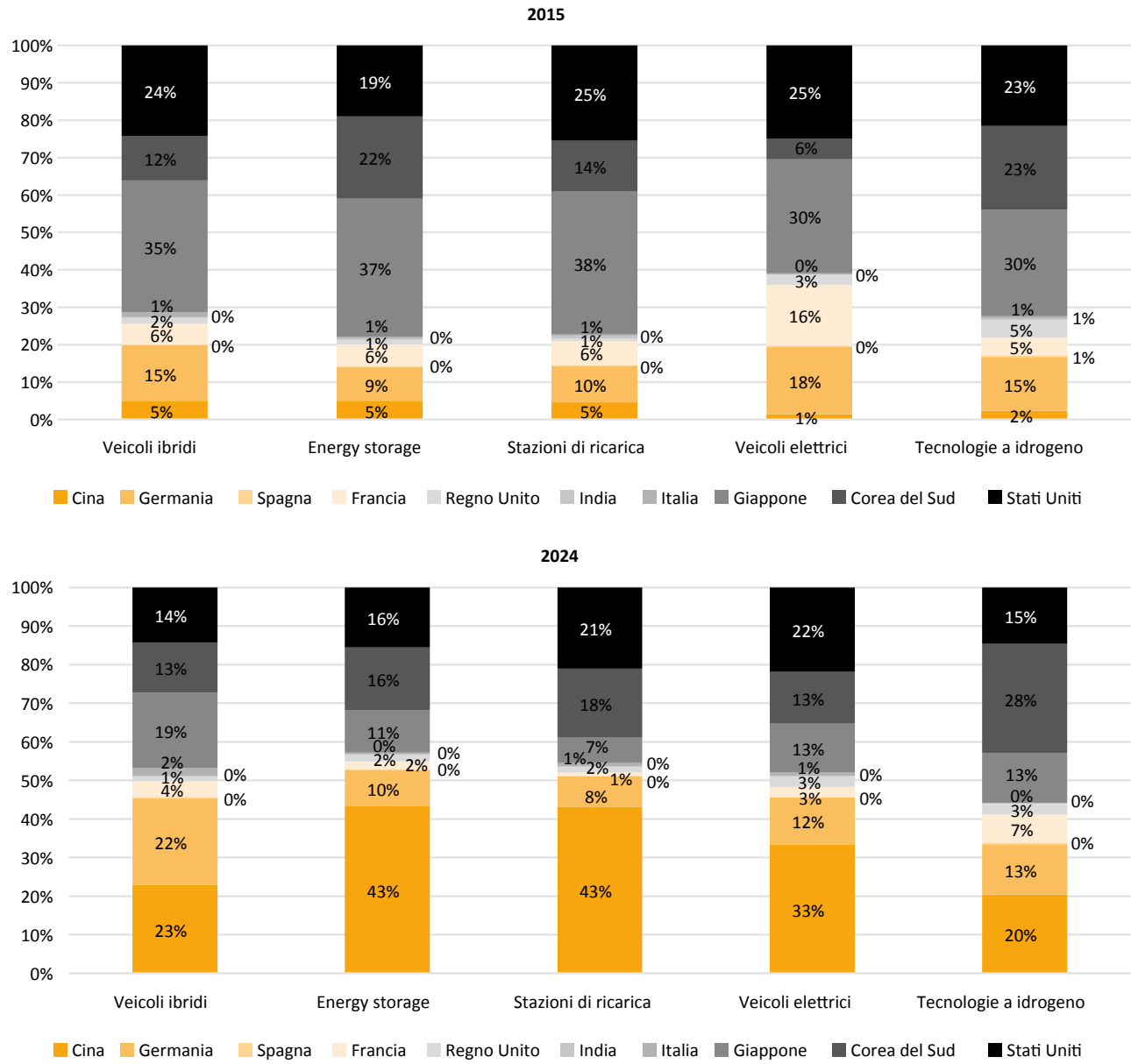
sti ultimi consente di individuare alcune tendenze emergenti e formulare prime ipotesi sull'evoluzione dell'attività brevettuale. Sarà interessante verificare, nelle future edizioni del Rapporto, se tali osservazioni iniziali troveranno conferma con il progressivo consolidamento dei dati.

Nonostante si tratti di dati ancora parziali, nell'ultimo periodo in esame, ovvero tra il 2023 e il 2024, si è registrata una diminuzione nella concessione di brevetti a livello mondiale, ad oggi pari ad un -17,2% e principalmente dovuto al calo riferito all'energy storage. Tutte le altre categorie mostrano riduzioni meno marcate, a

eccezione dei brevetti per i veicoli elettrici, che esibiscono una lieve crescita (+3,2%). Questa tendenza potrebbe essere smentita una volta raggiunta la completezza dei dati, ma va a rafforzare la tesi che, sebbene

non sia ancora avvenuto il sorpasso sui veicoli ibridi, i veicoli elettrici stiano emergendo con forza come categoria tecnologica di frontiera che resiste anche a diminuzioni strutturali nell’innovazione.

Fig. 3.7: Incidenza relativa della provenienza geografica per tecnologia (2015, 2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



3.3. IL QUADRO DEI BREVETTI ITALIANI

Nonostante, come riportato in precedenza, gli ultimi dati disponibili siano ancora provvisori possiamo verificare come l'attività brevettuale italiana sia tendenzialmente aumentata nel tempo. L'Italia ha depositato complessivamente, dal 2012 al 2024, per le tecnologie considerate, un totale di 643 brevetti di cui 67 nel 2024, con una media di circa 49 brevetti emessi all'anno.

Dopo il punto di minimo nel 2017 e la rapida ripresa

nel 2018, l'Italia ha incrementato la propria attività brevettuale. Il dato al 2024 evidenzia una buona crescita rispetto all'anno precedente del numero di brevetti del 24%, e un tasso annuo di crescita composto del 4% (Fig. 3.8).

La ripartizione dei brevetti italiani per categoria rispecchia quasi esattamente quanto ravvisato nell'analisi globale: la principale tecnologia interessata dall'innovazione è nuovamente l'energy storage. Per questa tecnologia, tra il 2012 e il 2024, sono stati depositati 338 brevetti complessivamente. Il secondo

Fig. 3.8: Andamento dei brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata (2012-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

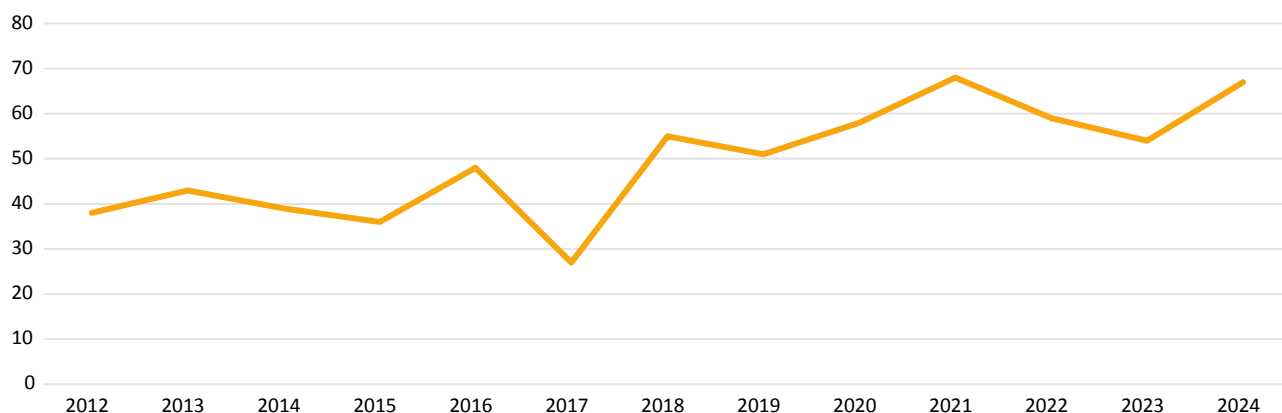
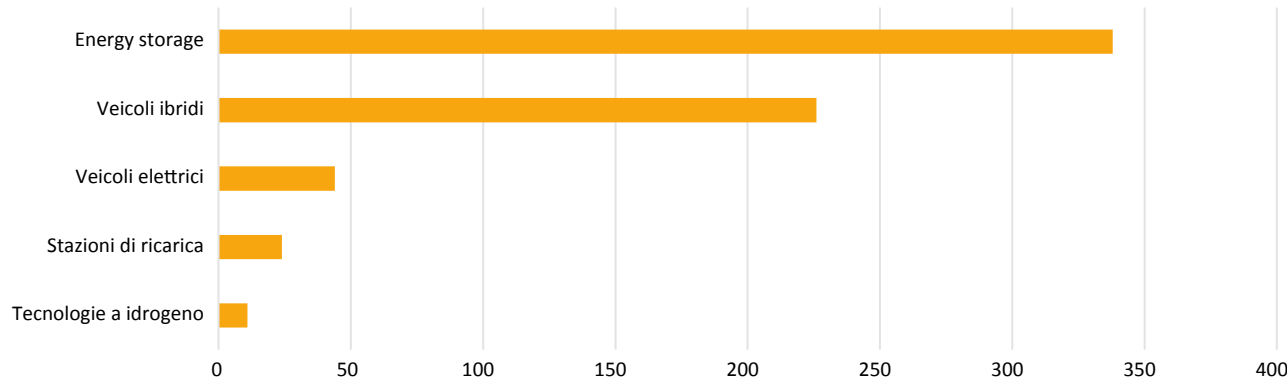


Fig. 3.9: Brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata, per tecnologia (2012-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



settore oggetto di innovazione è quello dei veicoli ibridi, con 226 titoli. Questi due settori, presi assieme, sono i destinatari dell’88% dell’attività brevettuale per le categorie considerate (rispettivamente 53% per l’energy storage e 35% per i veicoli ibridi). Posizioni minoritarie sono invece occupate dai veicoli elettrici (44 titoli), dalle stazioni di ricarica (24 titoli) e dalle tecnologie a idrogeno (11 titoli) che rappresentano il

7%, il 4% e il 2% rispettivamente (Fig. 3.9 e 3.10). Analizzando la composizione percentuale dei brevetti italiani riguardanti la mobilità elettrificata al 2015 e al 2024, possiamo esaminare i cambiamenti avvenuti in questo arco temporale. La categoria dell’energy storage è sempre quella predominante, anche se la relativa quota è calata marcatamente, passando dal 67% al 40%. Rispetto al 2015, è possibile riscontrare

Fig. 3.10: Brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata, incidenza per tecnologia (2012-2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

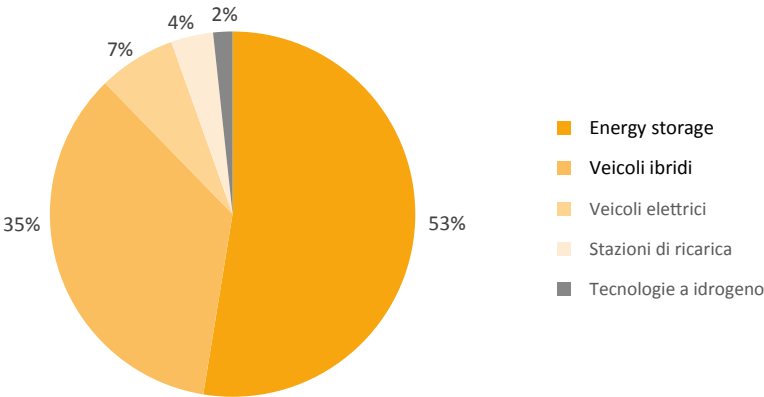
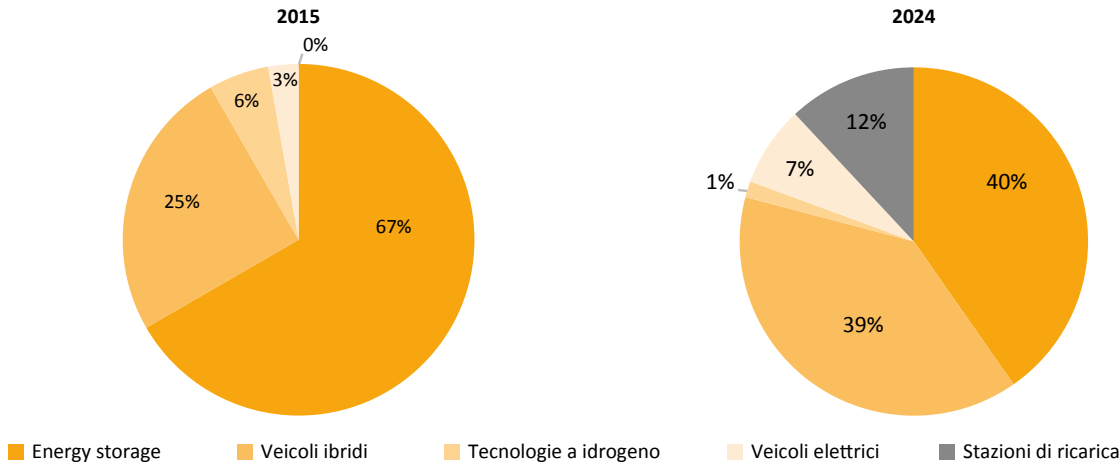


Fig. 3.11: Brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata, incidenza per tecnologia (2015, 2024)
Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



differenze sostanziali. L'importanza relativa dei veicoli ibridi è cresciuta di 14 punti percentuali, a seguito di una minore preponderanza dell'energy storage. Inoltre, iniziano ad emergere le tecnologie legate alla mobilità puramente elettrica, pur con incidenze contenute. Le stazioni di ricarica, per cui nel 2015 non vi era alcun titolo di brevetto, raccolgono il 12% delle innovazioni in ambito mobilità elettrificata, mentre i veicoli elettrici il 7%. Le tecnologie a idrogeno passa-

no dal 6% delle innovazioni nel 2015 all'1% nel 2024. L'innovazione nell'ambito della mobilità elettrificata in Italia è quasi completamente riconducibile alle imprese. Tra il 2012 e il 2024, le imprese hanno depositato un totale di 516 brevetti, le persone fisiche hanno invece depositato 65 brevetti, determinando assieme il 90% del totale. I brevetti riconducibili a Università sono invece soltanto 8, quelli provenienti da enti pubblici o no profit si fermano a 4.

Fig. 3.12: Brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata, per tipologia di richiedente (2012-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025

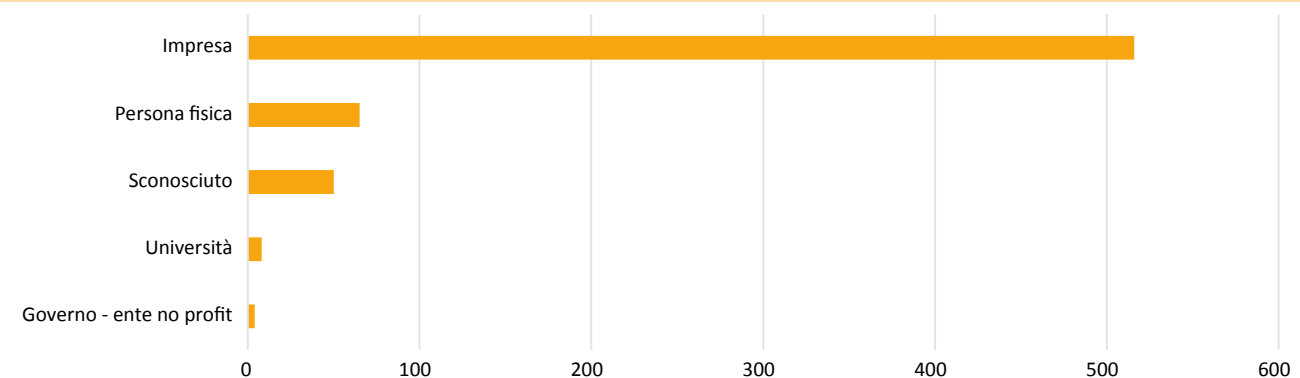
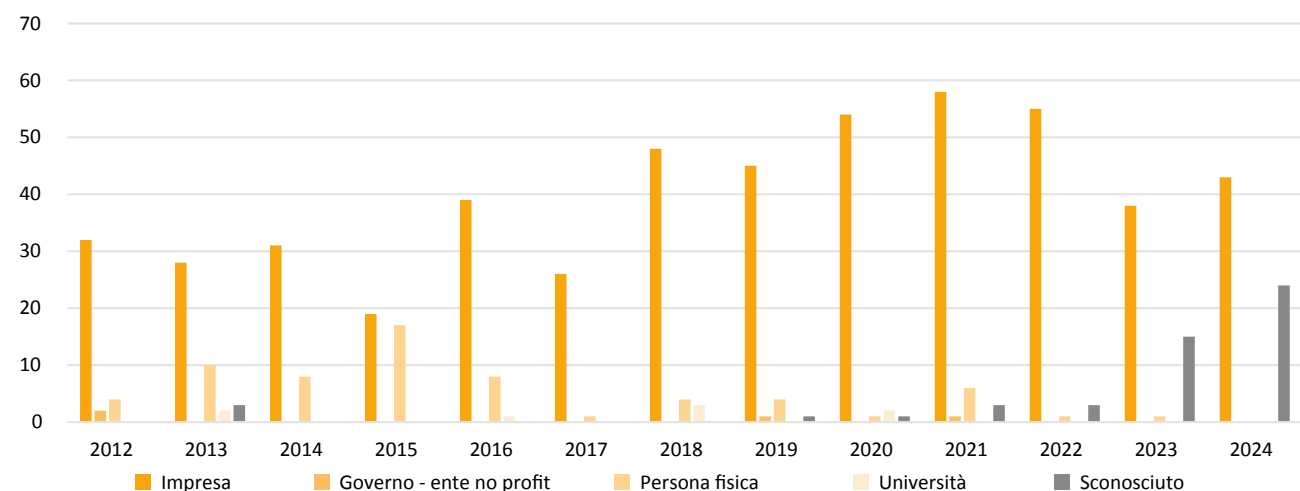


Fig. 3.13: Brevetti depositati in Italia in ambito mobilità elettrificata, per tipologia di richiedente (2012-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat, edizione autunno 2025



Analizzando l'evoluzione storica delle richieste di brevetti per tipologia di richiedente, notiamo come fino al 2016 le persone fisiche avevano un ruolo più rilevante nell'attività di brevettazione. A conferma di ciò, è interessante osservare come nel 2015 i brevetti depositati da persone fisiche erano quasi alla pari con quelli riconducibili alle imprese. A partire dal 2017 però l'attività certificata delle persone fisiche è calata drasticamente, ad esempio, tra il 2012 e il 2016, le persone fisiche depositavano una media di 10 brevetti all'anno, mentre dal 2017, questo valore è sceso a soli 3 brevetti annui. Dall'altro lato, le

imprese dominano il settore stabilmente, con una media di circa 40 brevetti all'anno dal nell'intero periodo. Rimane invece residuale e saltuario l'apporto derivante dalle università, enti pubblici o no profit (Fig. 3.13).

Tra il 2012 e il 2024, i brevetti depositati da richiedenti non riconducibili alle categorie presentate sono 50, con incrementi visibili negli anni più recenti, nodo che verosimilmente sarà sciolto con l'aggiornamento del database e che permetterà di definire più chiaramente la distribuzione degli enti brevettanti negli ultimi anni.

CAPITOLO 4

NUOVI CONSUMI ENERGETICI
PER L'AVVENTO DEI ROBOT

4.1. INTRODUZIONE: LA NUOVA DOMANDA ELETTRICA DELLA "PHYSICAL AI"

Difficile, ieri come oggi, provare ad avvicinarsi alla robotica senza pensare alla letteratura di fantascienza; del resto il termine stesso ha avuto origine in questo campo, e certamente questa branca dell'ingegneria deve moltissimo alla letteratura. Molti autori hanno scritto sul comportamento dei robot e sulla loro interazione con gli esseri umani, ma in questo ambito Isaac Asimov probabilmente occupa il posto più importante. Basti dire che gran parte della letteratura fantascientifica successiva al 1940 riconosce, esplicitamente o implicitamente, le sue famose Leggi della Robotica. Esaminando le implicazioni delle leggi, Asimov stesso individuò problemi che avrebbero potuto in seguito presentarsi a veri robotici e informatici impegnati a stabilire regole per il comportamento delle macchine intelligenti e già nel 1950 vide la necessità di estendere la prima legge, che proteggeva i singoli esseri umani, in modo che proteggesse l'umanità nel suo complesso. Nel 1985 sviluppò ulteriormente questa idea postulando una Legge Zero¹⁴ che poneva gli interessi dell'umanità al di sopra di quelli di qualsiasi individuo, pur mantenendo un alto valore per la vita umana individuale.

Tenendoci a debita e rispettosa distanza dal mito, ci piace pensare che se Asimov avesse avuto più tempo, è mancato nel 1992 a 72 anni, avrebbe aggiunto qualcosa su consumi e impatti energetici dei robot.

Nel Rapporto INNOV-E 2025, tra i nuovi ambiti di indagine accanto a brevetti, start-up, industria e mobilità, è stato introdotto un focus su gestione dell'energia, digital twin e intelligenza artificiale;

nelle considerazioni introduttive si anticipava inoltre l'opportunità di tornare sui nuovi driver della domanda elettrica, domestica e non domestica, nelle edizioni successive. La robotica costituisce uno di questi driver: non tanto perché ogni singolo robot sia, di per sé, un grande consumatore di energia, quanto perché l'adozione su larga scala di robot industriali, collaborativi, mobili, medicali, agricoli e, in prospettiva, umanoidi potrà modificare profili di carico, potenze impegnate, fabbisogni di continuità elettrica e domanda di capacità computazionale.

L'avvento dei robot va quindi letto dentro una trasformazione più ampia: l'elettrificazione dei processi, la digitalizzazione della produzione, la diffusione dell'intelligenza artificiale e la crescente integrazione tra macchine fisiche e infrastrutture digitali. Il tema energetico non riguarda solo i kWh necessari a muovere un braccio robotico, un cobot¹⁵ o un robot mobile autonomo, ma anche l'energia assorbita da sensori, sistemi di visione, edge computing, server, reti, data center, sistemi di raffreddamento, accumulatori, infrastrutture di ricarica e continuità operativa.

La domanda da porsi, dunque, non è semplicemente "quanto consuma un robot?", ma "quale sistema energetico serve per una società più robotizzata?". La risposta è duplice. Da un lato, la robotica è un nuovo carico elettrico: puntuale, spesso concentrato in stabilimenti, magazzini, ospedali, laboratori, porti e data center; dall'altro può diventare anche uno strumento di efficienza, riducendo scarti, errori, tempi morti, consumi improduttivi e rischi operativi. Il saldo netto dipenderà dalle modalità di adozione, dalla qualità della progettazione energetica e dalla capacità di rendere robot, processi e rete elettrica reciprocamente intelligenti.

14 Introdotta ne *I robot e l'Impero* (Robots and Empire), quarto libro del Ciclo dei Robot.

15 Abbreviazione di *collaborative robot* – robot collaborativo; è un tipo di robot progettato per interagire fisicamente e in sicurezza con gli esseri umani all'interno di uno stesso spazio di lavoro.

4.2. LA CRESCITA DELLA ROBOTICA: INDUSTRIA, SERVIZI E UMANOIDI

La robotica industriale è già una componente strutturale dell'economia manifatturiera. Secondo l'International Federation of Robotics (IFR), nel 2024 sono stati installati nel mondo 542 mila robot industriali, più del doppio rispetto a dieci anni prima, con oltre 500 mila installazioni annue per il quarto anno consecutivo. Lo stock operativo mondiale ha raggiunto 4,664 milioni di unità, in crescita del 9% rispetto all'anno precedente. L'Asia concentra il 74% delle nuove installazioni, l'Europa il 16% e le Americhe il 9%; la Cina da sola rappresenta il 54% delle installazioni globali, con 295 mila robot installati nel 2024.

L'Europa rimane un'area ad alta intensità di automazione, ma nel 2024 ha registrato un calo dell'8% delle nuove installazioni, fermandosi a 85 mila unità. L'Italia resta il secondo mercato europeo dopo la Germania, pur con una flessione del 16% a 8.783 nuove installazioni. La previsione IFR indica comunque una traiettoria globale positiva: 575 mila installazioni nel 2025 e superamento della soglia di 700 mila unità annue entro il 2028 (IFR 2025a).

Accanto ai robot industriali crescono i robot di servizio. Nel 2024 le vendite mondiali di robot professionali di servizio, inclusi gli autonomous mobile robots, hanno raggiunto circa 199 mila unità, in aumento del 9%; i robot medicali sono saliti a 16.700 unità, con una crescita del 91%; i robot consumer hanno superato 20 milioni di unità, soprattutto per applicazioni domestiche come pulizia e manutenzione. Questi dati vanno letti con cautela, perché IFR segnala che le statistiche sui robot di servizio si basano su un campione di produttori e non vanno proiettate automaticamente sull'intero settore; tuttavia indicano chiaramente la direzione di marcia: la robotica esce dalla fabbrica e si diffonde in logistica, sanità, pulizia professionale, agricoltura, retail e spazi pubblici (IFR 2025b).

Più incerto, ma politicamente e mediaticamente ri-

levante, è il capitolo degli umanoidi. L'IFR li descrive come macchine pensate per ambienti costruiti attorno al corpo umano, quindi potenzialmente utili in magazzini, fabbriche brownfield, ospedali, retail e hospitality. Tuttavia, il limite energetico è ancora centrale: rispetto ai robot industriali alimentati da rete, gli umanoidi dipendono da batterie, la cui autonomia tipica è oggi indicata intorno a un'ora; per applicazioni pratiche servirebbero almeno quattrocinque ore con ricarica rapida, oppure cicli molto più lunghi tramite battery swapping o altre architetture di alimentazione.

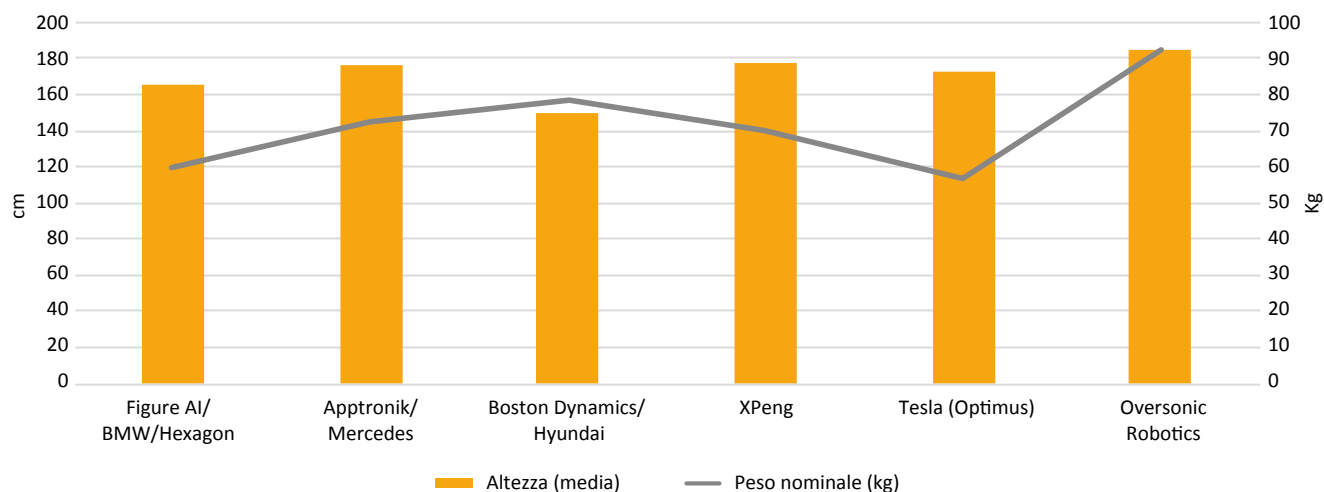
4.3. AUTOMAZIONE INDUSTRIALE E ROBOTICA UMANOIDE: LA CORSA È INIZIATA

L'accelerazione nello sviluppo dei robot umanoidi rappresenta una delle traiettorie più visibili, ma al contempo più incerte, della nuova robotica industriale. A differenza dei robot industriali tradizionali, progettati per compiti specifici in ambienti spesso separati o fortemente strutturati, gli umanoidi puntano a operare in spazi costruiti per il corpo umano: linee di assemblaggio esistenti, magazzini, reparti logistici, aree di manutenzione, ospedali, laboratori e ambienti di servizio. È questa promessa di adattabilità a renderli particolarmente interessanti per l'automazione di impianti brownfield, dove riconfigurare completamente spazi, attrezzature e flussi può risultare costoso o poco praticabile.

L'industria automobilistica è oggi uno dei principali banchi di prova. BMW ha testato il robot Figure 02 nello stabilimento di Spartanburg, in South Carolina, per attività di manipolazione e posizionamento di componenti in un ambiente produttivo reale. Mercedes-Benz ha avviato con Appteronik una sperimentazione del robot Apollo per applicazioni di logistica interna, kitting e trasporto di componenti verso la li-

Fig. 4.1: Altezza e peso di alcuni robot umanoidi per applicazioni industriali

Fonte: dati dichiarati dai produttori, valori indicativi aggiornati ad aprile 2026



nea. Hyundai, attraverso Boston Dynamics, sta preparando l'impiego del nuovo Atlas¹⁶ in attività industriali e manifatturiere, mentre Tesla continua a sviluppare Optimus come robot umanoide polivalente destinato, nelle intenzioni dell'azienda, ad attività ripetitive, pericolose o fisicamente gravose. Queste iniziative non indicano ancora una diffusione di massa, ma mostrano che gli umanoidi stanno passando dalla sola dimostrazione tecnologica a primi test operativi in contesti produttivi selezionati.

Il fattore abilitante è la cosiddetta physical AI, o intelligenza artificiale incorporata: sistemi capaci di combinare percezione, movimento, manipolazione, apprendimento per imitazione, modelli multimodali, simulazione e interazione con ambienti non completamente strutturati. In prospettiva, un robot umanoide non dovrebbe essere programmato soltanto per una sequenza rigida di movimenti, ma addestrato ad adattarsi a compiti, oggetti e layout diversi. Tuttavia, il passaggio dalla dimostrazione alla produzione resta complesso: servono affidabilità, sicurezza, integra-

zione con i sistemi industriali, manutenzione, cybersecurity, continuità operativa e un ritorno economico misurabile rispetto ad alternative già disponibili, come robot cartesiani, bracci industriali, cobot, AMR e sistemi automatizzati dedicati.

Anche le stime di mercato vanno quindi lette come possibili scenari, non come previsioni puntuali. Goldman Sachs Research ha indicato un mercato potenziale dei robot umanoidi pari a 38 miliardi di dollari al 2035, con spedizioni stimate intorno a 1,4 milioni di unità nello stesso orizzonte (Goldman Sachs Research 2024). Morgan Stanley Research, in uno scenario di più lungo periodo, ipotizza invece un mercato superiore a 5 mila miliardi di dollari al 2050, includendo anche catene di fornitura, riparazione, manutenzione e servizi di supporto, con una possibile base installata vicina al miliardo di unità (Morgan Stanley Research 2025). La distanza tra queste valutazioni conferma quanto sia ancora ampia l'incertezza sulla velocità di adozione, sui costi, sulle applicazioni effettivamente scalabili e sull'accettazione sociale e regolatoria.

16 Da segnalare che – proprio mentre scriviamo – nella vertenza sul rinnovo del contratto collettivo i sindacati dei lavoratori coreani di Hyundai hanno indetto uno sciopero chiedendo garanzie per evitare che l'automazione avanzata si traduca in licenziamenti.

Dal punto di vista energetico, gli umanoidi pongono una questione diversa rispetto ai robot industriali alimentati direttamente dalla rete. Essendo macchine mobili e autonome, dipendono da batterie, sistemi di ricarica, eventuale battery swapping, motori, attuatori, sensori, capacità di calcolo a bordo e connettività con infrastrutture digitali locali o cloud. L'autonomia operativa, i tempi di ricarica, la gestione termica, il peso della batteria e il profilo di missione diventano quindi variabili industriali ed energetiche al tempo stesso. Un umanoide impiegato per pochi cicli dimostrativi non modifica in modo rilevante i consumi di sito; una flotta utilizzata su più turni può invece incidere su potenza impegnata, picchi di ricarica, continuità elettrica, sistemi UPS, accumuli e gestione energetica dello stabilimento.

Per questo motivo la valutazione energetica non dovrebbe limitarsi al consumo della singola macchina. Come per gli AMR e i cobot, il parametro rilevante è il consumo per unità di servizio: kWh per componente movimentato, per missione logistica, per ora utile di attività, per pezzo conforme o per intervento di manutenzione. In un impianto automobilistico, ad esempio, un umanoide può ridurre attività ergonomicamente gravose, attese, errori o movimentazioni inefficienti; ma può anche generare nuovi carichi elettrici, nuova domanda computazionale e nuove esigenze di continuità. Il saldo dipende dall'integrazione con il processo produttivo e con il sistema energetico di sito.

Resta aperto anche il tema del lavoro. La robotica umanoide non va letta semplicemente come sostituzione diretta dell'operatore umano, ma come possibile ridefinizione della divisione dei compiti. Le applicazioni più plausibili nel breve periodo riguardano mansioni ripetitive, fisicamente impegnative, pericolose o difficili da coprire in modo stabile, mentre la presenza umana tende a concentrarsi su supervisione, manutenzione, controllo qualità, gestione delle eccezioni e attività a più alto valore aggiunto. In Europa e in Italia, dove invecchiamento

della popolazione, carenza di competenze tecniche e bassa natalità incidono sulla disponibilità di lavoro in molte filiere, questo aspetto può diventare un driver strutturale dell'automazione.

In sintesi, gli umanoidi rappresentano un'evoluzione importante ma ancora sperimentale della robotica avanzata. Il loro potenziale non va sottovalutato, ma neppure dato per acquisito. Diventeranno rilevanti per l'innovazione energetica se sapranno dimostrare non solo destrezza e autonomia, ma anche efficienza, affidabilità, programmabilità dei carichi e capacità di integrarsi con fabbriche, magazzini e infrastrutture elettriche sempre più digitali e flessibili.

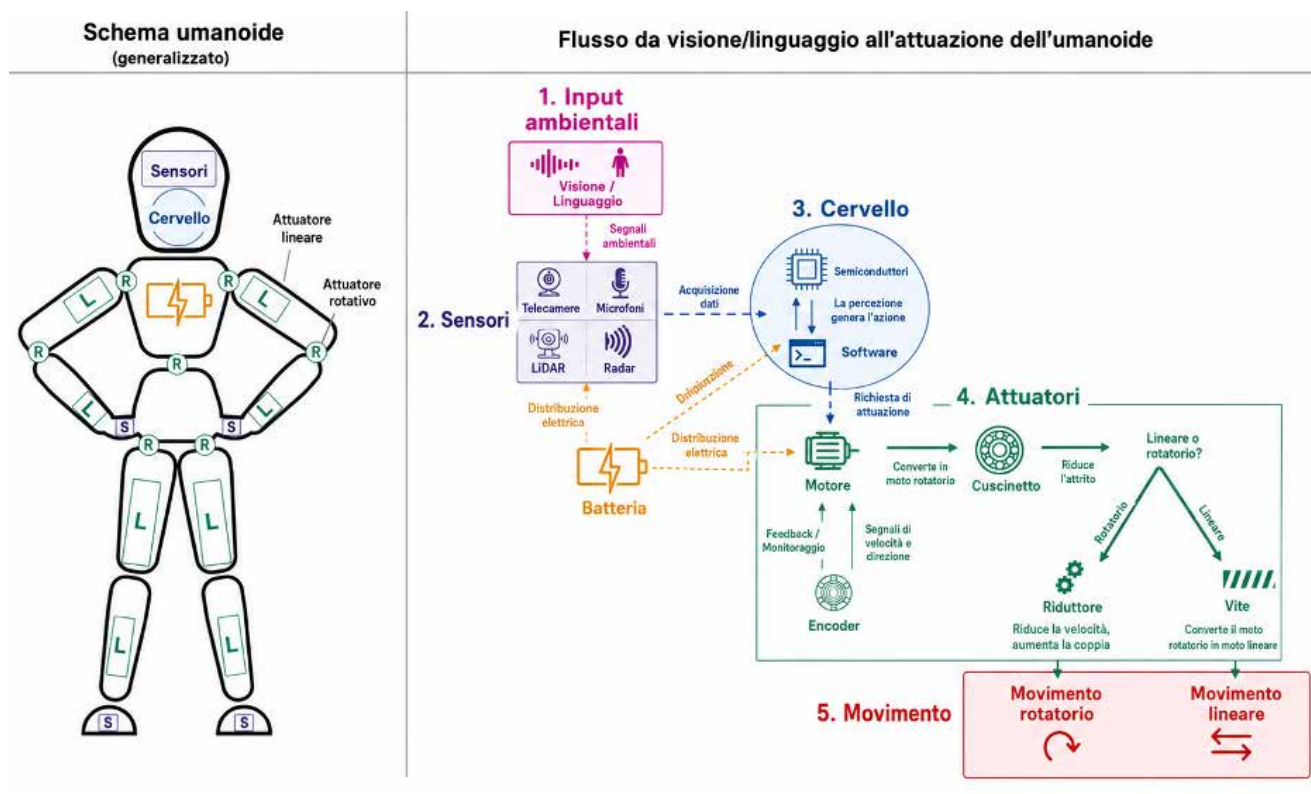
4.4. DOVE NASCE IL NUOVO CONSUMO ENERGETICO

Un modo utile per leggere gli umanoidi è considerarli non come singole macchine, ma come l'integrazione di tre livelli tecnologici. Il primo è il "cervello": chip, software, modelli di intelligenza artificiale, sistemi di visione, simulazione e digital twin. Il secondo è il "corpo": sensori, attuatori, motori, riduttori, encoder, cablaggi, materiali leggeri, batterie e sistemi termici. Il terzo è l'integrazione industriale: imprese capaci di assemblare questi componenti in una piattaforma robotica sicura, affidabile e utilizzabile in fabbrica, logistica, manutenzione o servizi.

Questa lettura è rilevante anche dal punto di vista energetico. L'umanoide non consuma energia soltanto per muovere braccia, gambe o mani: assorbe elettricità per percepire l'ambiente, elaborare dati, controllare decine di attuatori, mantenere stabile la temperatura, comunicare con sistemi esterni e ricaricare batterie. La sfida non è quindi soltanto aumentare l'autonomia della singola macchina, ma progettare un ecosistema in cui hardware, software, batterie, infrastrutture di ricarica, edge computing e gestione energetica dello stabilimento siano coordinati.

Fig. 4.2: Diagramma di flusso di un robot umanoide, comprensivo di interconnessioni tra i vari componenti e del ruolo generale che ciascuno svolge nell'umanoide

Fonte: Morgan Stanley Research, "The Humanoid 100: Mapping the Humanoid Robot Value Chain" 2025



I consumi energetici della robotica possono essere ricondotti a quattro livelli.

Il primo è il consumo diretto della macchina: motori, attuatori, servosistemi, controller, sensoristica, sistemi di sicurezza, batterie e caricabatterie. Questo consumo varia molto in base a taglia, payload, velocità, ciclo di lavoro, accelerazioni, postura, temperatura dei giunti e tempo di standby. In letteratura, le strategie di riduzione includono scelta corretta del robot, motori e drive efficienti, riduzione dei tempi morti, ottimizzazione delle traiettorie, manutenzione, frenatura rigenerativa e gestione energetica del processo (Soori ed al. 2023). Il secondo livello è il consumo del processo robotiz-

zato. Un robot di saldatura non consuma solo per muoversi: consuma anche per il processo di saldatura, aspirazione, visione artificiale, aria compressa, movimentazione, illuminazione, refrigerazione e controlli di qualità. Un robot in clean room incide su un ambiente già energivoro; un robot in magazzino modifica i consumi di nastri, ascensori, scaffali automatizzati, climatizzazione e ricarica. Il rischio, in altri termini, è misurare il robot e ignorare il sistema.

Il terzo livello è il consumo digitale. La robotica più avanzata richiede modelli, simulazioni, digital twin, sistemi di fleet management, visione artificiale e intelligenza artificiale. Parte dell'elaborazione avviene a bordo macchina o su edge server locali, parte

nei data center. L'IEA stima che i consumi elettrici globali dei data center possano raddoppiare fino a circa 945 TWh nel 2030, pari a poco meno del 3% della domanda elettrica mondiale, con una crescita media del 15% annuo tra il 2024 e il 2030. I server accelerati, legati principalmente all'adozione dell'AI, sono stimati in crescita del 30% annuo nello scenario base (IEA 2025).

Il quarto livello riguarda la rete: potenza richiesta, continuità, accumuli, qualità dell'energia, tempi di connessione e profili di carico. Un robot può consumare poco su base annua, ma una flotta di robot mobili può generare picchi di ricarica; uno stabilimento robotizzato può aumentare il carico notturno; un data center che addestra o mette a disposizione modelli di IA per sistemi robotici può richiedere centinaia di MW in potenza continua.

4.5. UN ORDINE DI GRANDEZZA

Il consumo diretto dei robot industriali, su scala globale, è verosimilmente molto inferiore a quello atteso per i data center, ma non per questo irrilevante. Utilizzando lo stock operativo IFR di 4,664 milioni di robot industriali nel 2024 come base, si può costruire un semplice esercizio di scenario.

Tab. 4.1 – Consumo elettrico diretto indicativo dei robot industriali nel mondo

Fonte: elaborazione su stock operativo IFR 2024; le ipotesi di potenza e ore sono illustrative

Scenario	Ipotesi per robot	Consumo annuo per robot	Consumo globale stimato
Basso	0,5 kW medi per 2.000 ore/anno	1 MWh	circa 4,7 TWh
Centrale	1,5 kW medi per 4.000 ore/anno	6 MWh	circa 28 TWh
Alto	3 kW medi per 6.000 ore/anno	18 MWh	circa 84 TWh

Il confronto aiuta a inquadrare il fenomeno. Anche nello scenario alto, il consumo diretto dei robot industriali sarebbe inferiore a un decimo della domanda elettrica globale dei data center stimata dall'IEA al 2030. Nello scenario centrale, sarebbe dell'ordine del 3% di tale valore. Il punto, però, è che i robot non sono distribuiti uniformemente: si concentrano in impianti produttivi, poli logistici, ospedali, laboratori, porti, aeroporti e filiere industriali. Di conseguenza il loro impatto può essere modesto su base nazionale ma significativo a livello di sito, cabina primaria, distretto o nodo industriale.

Per l'Italia, un riferimento utile è la domanda elettrica complessiva. Terna rileva per il 2025 consumi elettrici pari a 311,3 TWh, sostanzialmente in linea con il 2024; le rinnovabili hanno coperto il 41% della domanda, mentre la produzione fotovoltaica ha raggiunto il record di 44,3 TWh (Terna 2026).

Per avere un ordine di grandezza, ogni 10 mila robot industriali aggiuntivi assorbirebbero, nello scenario centrale della tabella, circa 60 GWh annui. Anche moltiplicando il dato per molte decine di migliaia di robot, l'effetto sul totale nazionale resterebbe inferiore a quello di altri macro-driver come climatizzazione, elettrificazione dei trasporti o data center. Ma su singoli distretti manifatturieri o logistici può emergere un problema di potenza, non solo di energia: turni continui, ricariche concentrate, processi ausiliari e continuità di servizio possono richiedere adeguamenti di rete, accumuli e sistemi di gestione.

4.6. ROBOT E DATA CENTER: UN LEGAME DA NON SOTTOVALUTARE

L'intelligenza artificiale applicata alla robotica sposta una parte del consumo fuori dalla macchina fisica. La nuova robotica usa simulazione, apprendimento per imitazione, visione artificiale, modelli

generativi, fleet orchestration, manutenzione predittiva e digital twin. Non tutti questi carichi richiedono data center hyperscale: molte funzioni critiche devono avvenire in locale per motivi di latenza, sicurezza e continuità. Tuttavia, l'addestramento dei modelli, la gestione di grandi flotte, l'aggiornamento software e l'analisi dei dati restano collegati all'infrastruttura cloud.

In Italia questo tema si incrocia con la rapida crescita delle richieste di connessione per data center. Secondo Terna, al 30 giugno 2025 le richieste di connessione alla rete da parte di data center superavano le 300 iniziative per oltre 50 GW, rispetto a circa 30 GW a fine 2024, con forte concentrazione nel Nord e in Lombardia. Terna ricorda inoltre che i data center hyperscale possono richiedere 100-200 MW di potenza continua e che esistono richieste anche oltre 500 MW (Terna 2025).

Questo non significa che i robot siano responsabili della crescita dei data center. Significa piuttosto che robotica, AI, cloud, logistica digitale e manifattura avanzata diventano parte dello stesso ecosistema infrastrutturale. Una fabbrica robotizzata può avere bisogno di edge computing locale; un operatore logistico può gestire flotte di AMR distribuite; un ospedale può integrare robot chirurgici, diagnostici e di trasporto; una rete di magazzini può generare dati e carichi di calcolo continui. La domanda energetica della robotica del futuro sarà quindi in parte visibile nelle bollette degli stabilimenti e in parte incorporata nella domanda digitale.

L'IEA stima che, tra il 2024 e il 2030, le rinnovabili saranno la fonte di elettricità a crescita più rapida per alimentare i data center, coprendo quasi la metà dell'incremento della loro domanda; gas e carbone coprirebbero però oltre il 40% della domanda aggiuntiva nello stesso periodo. Per l'Europa, rinnovabili e nucleare sono attesi fornire la gran parte dell'incremento, con una quota combinata dell'85% dell'elettricità consumata dai data center al 2030.

4.7. EFFICIENZA: I ROBOT CONSUMANO, MA POSSONO ANCHE FAR RISPARMIARE ENERGIA

L'automazione non è necessariamente sinonimo di maggior consumo. Un robot correttamente integrato può ridurre scarti di produzione, rilavorazioni, tempi di fermo, movimentazioni non necessarie e consumi ausiliari. Può inoltre consentire lavorazioni più precise, manutenzione predittiva, uso più efficiente delle materie prime e controllo continuo della qualità. Il beneficio energetico non dipende però dalla presenza del robot in sé, ma da come viene progettato il sistema produttivo.

La letteratura mostra che il consumo energetico dei robot industriali è sensibile alla traiettoria, alla velocità, all'accelerazione, al payload, alla configurazione dei giunti, alla posizione in standstill e alla quota di energia assorbita dall'elettronica. Uno studio comparativo tra robot industriali e collaborativi evidenzia, ad esempio, che i cobot possono avere una quota molto rilevante di consumo legata all'elettronica e al controller, mentre nei robot industriali pesanti il consumo meccanico pesa di più; di conseguenza, le strategie di efficienza non sono uguali per tutte le famiglie di robot.

Questo punto è cruciale per politiche industriali e incentivi: non basta finanziare "robot" in modo generico. Occorre premiare architetture che misurino l'energia per pezzo prodotto, per missione logistica, per ora utile o per unità di servizio erogata. In un magazzino, il KPI energetico non è il consumo del singolo AMR, ma il consumo per collo movimentato, includendo ricarica, congestione, percorsi, tempi di attesa e interazione con altri sistemi. In una linea produttiva, il KPI non è il kWh del braccio robotico, ma il kWh del processo robotizzato per pezzo conforme.

La standardizzazione è ancora incompleta. Nel marzo 2026 l'IFR ha segnalato l'avvio di una specifica

tecnica ISO, guidata da ABB Robotics con altri undici Paesi, per misurare energia ed efficienza dei robot industriali (IFR 2026); la conclusione è prevista per agosto 2026. La stessa nota sottolinea che oggi non esiste ancora uno standard globale comparabile a quelli disponibili per frigoriferi, TV, lavatrici o motori, e che oltre il 70% dell'impronta carbonica dei robot ABB presso i clienti deriva dall'elettricità consumata in fase d'uso.

4.8. MANIFATTURA, LOGISTICA, SANITÀ E RETE ELETTRICA

Per l'Italia la robotica rappresenta insieme un'opportunità industriale e una nuova variabile energetica. L'opportunità riguarda anzitutto la manifattura: meccanica, automotive, packaging, alimentare, farmaceutica, ceramica, elettronica e filiere ad alta precisione possono usare robot e cobot per aumentare produttività, sicurezza e qualità. La variabile energetica riguarda invece la localizzazione dei carichi, l'interazione con i distretti industriali e la competizione per capacità di rete con data center, elettrificazione dei trasporti e nuove utenze industriali.

Nel 2025, secondo Terna, il sistema elettrico italiano ha registrato 83,5 GW di potenza rinnovabile installata, di cui 43,5 GW di solare e 13,6 GW di eolico; gli accumuli in esercizio hanno raggiunto 17.920 MWh di capacità e 7.362 MW di potenza nominale. La prima asta MACSE di settembre 2025 ha assegnato 10 GWh di capacità, pari al 100% del fabbisogno. Questi numeri indicano che la crescita dei nuovi carichi elettrici, inclusi quelli legati a robotica e automazione, avverrà in un sistema più rinnovabile ma anche più bisognoso di flessibilità.

La robotica può contribuire a tale flessibilità in tre modi. Primo, programmando le ricariche dei robot mobili nelle ore di maggiore disponibilità rinnovabile o di minore congestione. Secondo, usando

batterie di flotte robotiche e sistemi di accumulo di sito per ridurre picchi e assorbimenti simultanei. Terzo, integrando robot, digital twin e sistemi di gestione dell'energia per modulare linee, turni, manutenzioni e processi non critici in funzione dei segnali energetici.

Questa prospettiva è particolarmente rilevante per poli logistici, ospedali e manifattura avanzata. In un grande magazzino automatizzato, decine o centinaia di AMR possono trasformarsi in un carico programmabile. In ospedale, robot medicali e di servizio richiedono affidabilità e continuità, ma possono essere integrati con microreti, UPS e accumuli. In fabbrica, linee robotizzate e sistemi di visione possono essere coordinati con fotovoltaico di sito, storage e contratti di fornitura rinnovabile.

4.9. SPUNTI PER UNA ROBOTICA ENERGETICAMENTE SOSTENIBILE

Per evitare che la robotizzazione generi consumi opachi, non misurati o non governati, occorre anticipare la questione energetica già nella fase di progettazione. Le priorità possono essere così sintetizzate.

Misurare. Ogni progetto di automazione dovrebbe includere una baseline energetica prima e dopo l'introduzione dei robot, distinguendo consumo della macchina, del processo, degli ausiliari e del calcolo digitale. Il dato rilevante dovrebbe essere espresso anche in termini di unità funzionale: kWh per pezzo conforme, kWh per pallet movimentato, kWh per intervento, kWh per ora di servizio.

Standardizzare. La futura specifica ISO sulla misurazione dei consumi dei robot industriali può diventare uno strumento di mercato: gare pubbliche, incentivi e acquisti aziendali potrebbero richiedere dati comparabili, profili di consumo in diversi cicli operativi e modalità automatiche di standby efficiente.

Programmare. Le flotte robotiche mobili dovrebbero

essere considerate carichi flessibili. Ricariche, missioni non urgenti, cicli di pulizia, movimentazioni interne e manutenzioni possono essere ottimizzati rispetto a prezzi elettrici, congestioni locali e disponibilità di energia rinnovabile.

Integrare. Robotica, fotovoltaico, accumuli, pompe di calore, sistemi di continuità, data center locali e software di gestione energetica non dovrebbero essere progettati separatamente. La fabbrica robotizzata è anche una micro-infrastruttura energetica.

Premiare il risultato, non la sola macchina. Gli incentivi dovrebbero favorire non l'acquisto di robot in sé, ma l'aumento documentato di produttività energetica: meno kWh per unità prodotta, meno scarti, meno rilavorazioni, minori fermi, maggiore sicurezza e minore esposizione dei lavoratori ad attività pericolose o usuranti.

Formare competenze ibride. Serviranno tecnici capaci di leggere insieme robotica, automazione, cybersecurity, energy management, manutenzione predittiva e mercati elettrici. Il responsabile energetico dello stabilimento e il responsabile automazione dovranno lavorare sullo stesso cruscotto.

4.10. UNA DOMANDA APERTA

I robot, da soli, non saranno certo il principale driver della crescita elettrica dei prossimi anni. Data

center, climatizzazione, mobilità elettrica, pompe di calore e nuova industria peseranno di più sulla domanda aggregata. Tuttavia, la robotica avrà un ruolo crescente nel ridisegnare profili di carico, consumi locali, continuità di servizio e domanda computazionale.

Il punto centrale è che la robotica può essere sia un nuovo consumo sia una leva di efficienza. Se introdotta come semplice sostituzione di lavoro umano con macchine alimentate elettricamente, rischia di aumentare consumi e complessità senza pieno controllo. Se progettata come parte di un sistema integrato, può invece ridurre sprechi, aumentare produttività, migliorare sicurezza e fornire nuova flessibilità al sistema energetico.

La domanda "nuovi consumi energetici per l'avvento dei robot?" trova quindi una risposta affermativa, ma non necessariamente allarmistica. Sì, la robotica creerà nuovi consumi elettrici. No, non saranno inevitabilmente insostenibili. Diventeranno sostenibili se saranno misurabili, programmabili, efficienti e alimentati da un sistema elettrico sempre più rinnovabile, digitale e flessibile. Insomma, un punto di attenzione da non sottovalutare e un mercato dall'alto potenziale. Va tenuto ben presente infatti che i robot – a differenza, ad esempio, delle auto elettriche – sono un prodotto nuovo che potrà andare incontro a nuovi bisogni, senza doversi confrontare con qualcosa di già funzionante da sostituire.

CAPITOLO 5

MOBILITÀ SOSTENIBILE: L'ELETTRIFICAZIONE
CORRE, LA DECARBONIZZAZIONE STENTA

5.1. UN DIBATTITO AUTORIFERITO

Il dibattito europeo sulla transizione alla mobilità elettrica rischia spesso di perdere di vista la dimensione globale del fenomeno. I dati mondiali sulle immatricolazioni del 2025 restituiscono un quadro assai più sobrio rispetto alla narrazione dominante. Su un totale di circa 84,9 milioni di autovetture nuove immatricolate nel 2025 nei principali mercati, le elettriche pure rappresentano ancora una quota minoritaria, e la distribuzione geografica rivela squilibri profondi.

La tabella segnala alcune evidenze che meritano attenzione. La Cina è l'unico mercato dove l'elettrificazione ha raggiunto una massa critica significativa, con quasi la metà delle nuove autovetture già elettrificate in senso lato; tuttavia, anche qui oltre la metà del mercato è ancora occupato da motorizzazioni tradizionali. Negli Stati Uniti e in Giappone – seconda e terza potenza mondiale nella produzione automobilistica – le quote di elettrico puro rimangono rispettivamente all'8% e al 2%, indicatori di un percorso di transizione che si prospetta assai più lungo e accidentato di quanto i target europei lascino supporre. Il cosiddetto «resto del mondo» – che con 27 milioni di autovetture nuove pesa più

di Cina, USA e UE messe insieme – si ferma al 7% di elettrico puro.

Sullo sfondo di questi dati emerge poi una distorsione statistica di non poco conto.

L'Agenzia Internazionale per l'Energia – spiace rilevarlo – continua a includere le ibride plug-in nel computo complessivo delle autovetture elettriche, tanto nelle immatricolazioni quanto nel parco circolante, gonfiando la percezione della transizione in atto. Le differenze, infatti, emergono solo con una lettura ampia e attenta dei report, cosa che a giudicare dalle citazioni degli stessi fanno in pochi. Nel frattempo, il parco circolante di autovetture endotermiche nel mondo supera il miliardo e 400 milioni di unità – un valore, peraltro, ancora in crescita – che nessuna delle proiezioni correnti sull'elettrificazione consente di considerare prossimo a un'inversione di tendenza strutturale. Ciò, tuttavia non vuol dire che le auto elettriche non stiano andando bene, anzi. Acquisti e diffusione delle vetture elettriche, infatti, non sono affatto lenti si considerano: il neanche ventennale arrivo sul mercato, i vani tentativi di diffusione ripetutisi nell'ultimo secolo, i tassi fisiologici di sostituzione delle auto circolanti e diffusione ed effettiva fruibilità dell'infrastruttura di ricarica; limitandoci alle questioni più macroscopiche.

Tab. 5.1 – Stima immatricolazioni auto nel mondo nel 2025 (valori arrotondati alla prima cifra decimale; 0,1 = 100.000 auto circa)

Fonte: elaborazioni su dati ACEA, CAAM/CPCA, S&P, Global Mobility, JATO, IEA, EV-Volumes, Gasgoo, PwC/Strategy& – dati provvisori 2025

	Auto nuove (Milioni)	Non elettriche (Milioni, quota)	Elettriche	Consumo globale stimato
Cina	26,2	13,3 (~50,8%)	8,5 (~32,4%)	4,4 (~16,8%)
USA	16,3	14,7 (~90%)	1,3 (~8%)	0,3 (~2%)
UE27	10,8	7,9 (~73,1%)	1,9 (~17,5%)	1,0 (~9,4%)
Giappone	4,6	4,4 (~95,7%)	0,1 (~2,1%)	0,1 (~2,2%)
Resto del mondo	27,0	23,9 (~88,6%)	1,9 (~7,0%)	1,2 (~4,4%)

5.2. IL DISALLINEAMENTO TRA OFFERTA E DOMANDA

Nelle edizioni precedenti del presente rapporto abbiamo appurato come i regolamenti varati sin dalla fine degli anni duemila, dunque dal 443/2009, hanno avuto un crescente impatto sul lato dell'offerta. I listini sono stati progressivamente rivoluzionati; sono andati riducendosi i modelli alimentati a benzina e, più di recente, a gasolio senza alcuno aiuto elettrico e sono significativamente e velocemente aumentati i modelli ibridi, ibridi ricaricabili ed elettrici. Queste due ultime tipologie, considerate a basse e zero emissioni, sono state specificatamente spinte dai regolamenti UE (I-Com 2025).

Anche se l'approvazione del Regolamento 2023/851 è stata subordinata ad una significativa apertura verso i carburanti climaticamente neutri, ancorché di origine non biologica (in particolare gli elettrocarburanti, più noti come *e-fuel*), la scelta dell'UE di introdurre obiettivi specifici per le emissioni di CO₂, calcolate allo scarico in fase di omologazione, e di modulare tali obiettivi in base alla massa del veicolo

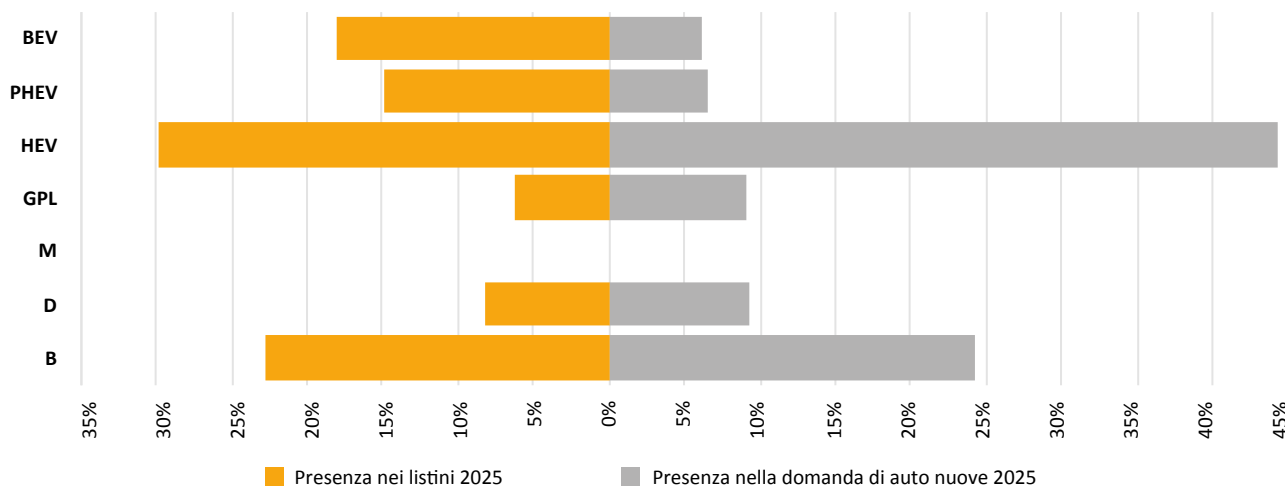
ha avuto un notevole impatto sulle decisioni di produzione delle case automobilistiche e sui modelli di auto presenti nei listini europei.

Le norme, dunque, negli anni più recenti hanno significativamente inciso sul lato dell'offerta; tuttavia, non ci sono affatto stati cambiamenti simmetrici sul lato della domanda, in Italia anche più che altrove. In altri termini, l'aumentata offerta super elettrificata – elettriche e ibride plug-in – non ha incontrato (proporzionalmente) la domanda.

Il grafico di figura 1 rende visivamente la cosa, specie se si osservano tutte le alimentazioni; si nota dunque facilmente che, per le non super elettrificate, le presenze nei listini e gli acquisti dei consumatori si bilanciano. Anzi le offerte di modelli a benzina, diesel, GPL e, più di tutte, ibride paiono non coprire come numerosità di modelli le richieste dei consumatori. Va notato che il non biancamento delle ibride trova (facile) spiegazione nel successo della Panda – la vettura più acquistata dagli Italiani dal 2012 e ibrida, ancorché leggera, da febbraio 2020 – che, da sola, vale più del 6,7% dell'intero mercato del nuovo italiano.

Fig. 5.1: Presenza nei listini e immatricolazioni in Italia per motorizzazione e alimentazione: elettriche, plug-in, ibride, GPL, metano, diesel e benzina. Anno 2025

Fonte: elaborazioni su dati di listino (Quattroruote), Anfia e UNRAE. Ultimo accesso aprile 2026



Il disallineamento tra domanda e offerta, non solo italiano ma in media caratteristico di tutta l'Unione Europea, nonostante i numerosi incentivi – diretti e indiretti, economici e non – a favore delle autovetture elettriche, è stato ormai interiorizzato: tutte le case automobilistiche hanno rivisto e posticipato piani e obiettivi di elettrificazione (ri)focalizzandosi, all'insegna della flessibilità, su modelli variamente ibridi. Una dinamica che crediamo possa continuare anche con le ottime performance delle autovetture elettriche nei primi mesi 2026. Anche perché, l'offerta elettrica è destinata a crescere ancora, benché sia già molto aumentata, i tagli infatti vanno intesi sulla messe di modelli elettrici che erano stati pianificati. Con rammarico, infine, segnaliamo la scomparsa dal mercato del nuovo delle autovetture alimentate a metano. Un gran peccato, sia per la sempre utile concorrenza anche tra carburanti e, con l'arrivo delle auto elettriche, anche vettori energetici sia perché con il successo delle misure di incentivazione del biometano, in particolare il decreto interministeriale di marzo 2018 (I-Com 2020).

È stato così predisposto e affinato il sistema di incentivazione con l'immissione in rete di biocarburanti basato sui CIC (certificati d'immissione in consumo), sistema che ha spinto fortemente i soggetti obbligati e i produttori ad aderire al meccanismo gestito dal GSE e, soprattutto di generare crescenti volumi di biometano specificatamente destinati al trasporto stradale (Green 2019).

5.3. LE IBRIDE PLUG-IN NON SONO COSÌ DI PASSAGGIO

Tra le offerte più accresciute vi è anche quella delle ibride ricaricabili. Dal loro arrivo sul mercato le automobili ibride plug-in sono state considerate non come le ibride per antonomasia (pur avendo non solo un motore, ma una parte elettrica a cominciare dal pacco

batterie corposa) ma come una soluzione tecnologica di passaggio verso l'elettrificazione totale. L'aspettativa di vita o meglio evolutiva delle plug-in si sta e ancor di più potrebbe rivelarsi molto più longeva di quanto forse troppo sbrigativamente previsto. Nel 2025 le immatricolazioni di autovetture ibride ricaricabili hanno superato per la prima volta nella storia quelle delle autovetture a gasolio nell'Unione Europea, raggiungendo il 9,4% di quota di mercato e oltre un milione di unità, con una crescita intorno al 33% sul 2024. Il diesel, che fino a pochi anni fa occupava metà del mercato continentale, è scivolato all'8,9%, con un crollo del 25% rispetto all'anno precedente. Nei primi cinque mesi del 2026 le plug-in hanno consolidato la propria posizione, portandosi al 9,7% del mercato UE.

Il successo commerciale delle ibride ricaricabili va tuttavia letto con qualche cautela, perché la tecnologia è al centro di un vivace dibattito sulla discrepanza tra le emissioni dichiarate in sede di omologazione e quelle realmente prodotte su strada. Il parametro chiave è l'Utility Factor (UF), il coefficiente normativo che stima la quota di chilometraggio percorsa in modalità puramente elettrica rispetto al totale. Studi dell'ICCT e della stessa Commissione Europea, basati sui dati reali raccolti dai misuratori di consumo di bordo (OBFCM) introdotti nel 2021, hanno rivelato che il comportamento reale degli utilizzatori diverge significativamente dalle ipotesi dei regolatori: per le autovetture private l'UF reale è circa la metà di quello teorico WLTP, mentre per le autovetture aziendali – spesso acquistate per ragioni fiscali e dotate di schede carburante aziendali – scende frequentemente sotto il 20%, trasformando di fatto il veicolo in un'autovettura termica appesantita dalla batteria. Il risultato è che le emissioni reali di CO₂ delle plug-in risultano, in media, da tre a cinque volte superiori ai valori di omologazione.

La risposta regolamentare europea si è articolata in due fasi. Dal gennaio 2025 i coefficienti di ponderazione dell'UF sono stati ridotti: un'ibrida plug-in che nel 2024 dichiarava 40 g/km di CO₂ vede ora il pro-

prio dato ufficiale quasi raddoppiato, attestandosi intorno ai 75 g/km. Dal gennaio 2027 i coefficienti verranno ulteriormente aggiornati basandosi esclusivamente sui dati OBFCM effettivi, avvicinando le emissioni omologate ai consumi reali a batteria scarica. Questa revisione ridefinisce il posizionamento strategico delle plug-in: da un lato rende più difficile per i costruttori utilizzarle per avvicinarsi agli obiettivi di flotta; dall'altro espone molti modelli al rischio di perdere incentivazioni fiscali o persino di subire penalizzazioni nei Paesi europei che tassano in funzione delle emissioni dichiarate.

Vi è infine una questione che riguarda la concorrenza cinese. Nel prevedere i dazi sulle autovetture elettriche prodotte in Cina, la Commissione Europea ha escluso le ibride plug-in dalla misura, contribuendo involontariamente alla loro espansione sul mercato continentale. Non a caso, la BYD Seal U è stata la plug-in più venduta in Europa nel 2025, con oltre 70.000 esemplari, distaccando nettamente la Volkswagen Tiguan, la Volvo XC60 e la Ford Kuga. Anche su questo fronte, tuttavia, dovrebbero arrivare a breve delle contromisure.

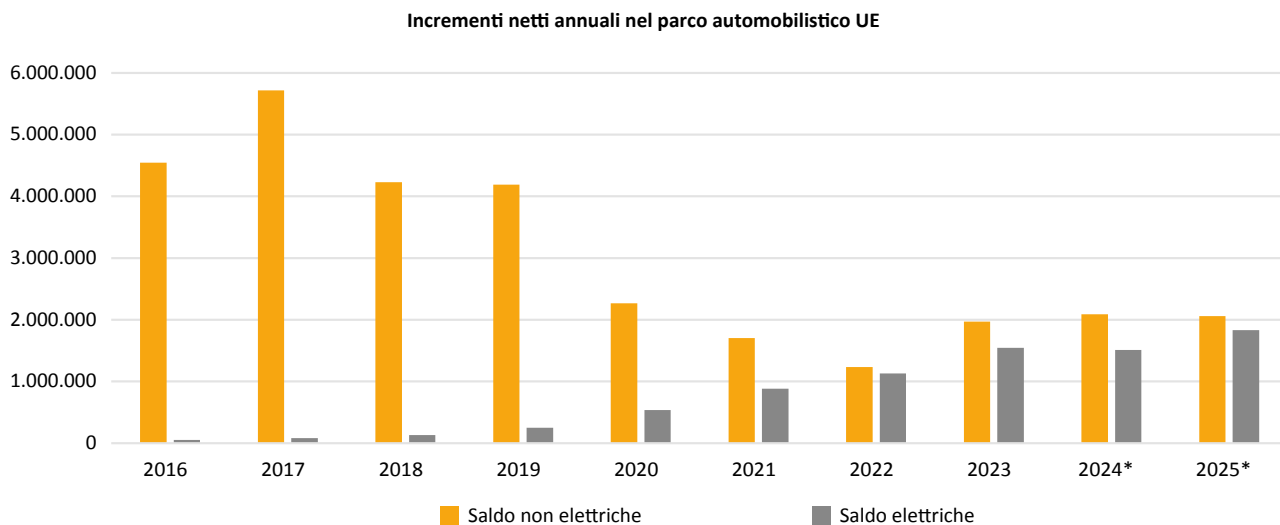
Il punto di fondo resta però un altro. Le ibride ricaricabili, se utilizzate correttamente – vale a dire ricaricando regolarmente dalla rete – offrono un contributo reale alla riduzione delle emissioni, tanto più se alimentate con carburanti rinnovabili. La questione non è tecnologica, ma di utilizzo e di incentivi: fintanto che la politica europea continuerà a privilegiare l'elettrificazione in senso stretto rispetto alla neutralizzazione delle emissioni climateranti come obiettivo finale, il rischio è di confondere il mezzo con il fine (Sileo 2026a).

5.4. LE AUTO INCREMENTALI NON ACCELERANO LA DECARBONIZZAZIONE

Il mercato del nuovo o, più precisamente, le immatricolazioni di nuove auto – per disponibilità di dati e ovvio interesse delle case automobilistiche – attirano gran parte dell'attenzione di stampa e media (anche social) più in generale, ma non sono (affatto) sufficienti per capire i progressi sul piano della decarbo-

Fig. 5.2: Incrementi netti annuali nel parco automobilistico UE (2015-2025)

Fonte: elaborazioni su dati ACEA ed Eurostat, 2026 *dati provvisori



nizzazione e sugli effettivi cambiamenti nel muoversi di noi tutti. Per questi è più utile concentrarsi sul totale delle autovetture in circolazione, ambito dove le cose si complicano, e di parecchio. Il parco automobilistico UE al 2025 può essere stimato in oltre 263 milioni di vetture, di queste intorno ai 7,5 milioni dovrebbero essere le sole elettriche.

Un indicatore dell'effettiva diffusione delle vetture mosse soltanto ad energia elettrica a discapito delle altre alimentazioni è data dal saldo, vale a dire dal numero di vetture che si aggiungono (o si sottraggono) a quelle già in strada. Va innanzi tutto ricordato che finora il saldo è sempre stato positivo, tant'è che il parco circolante continua inesorabilmente a crescere (Bonacina e Sileo 2025).

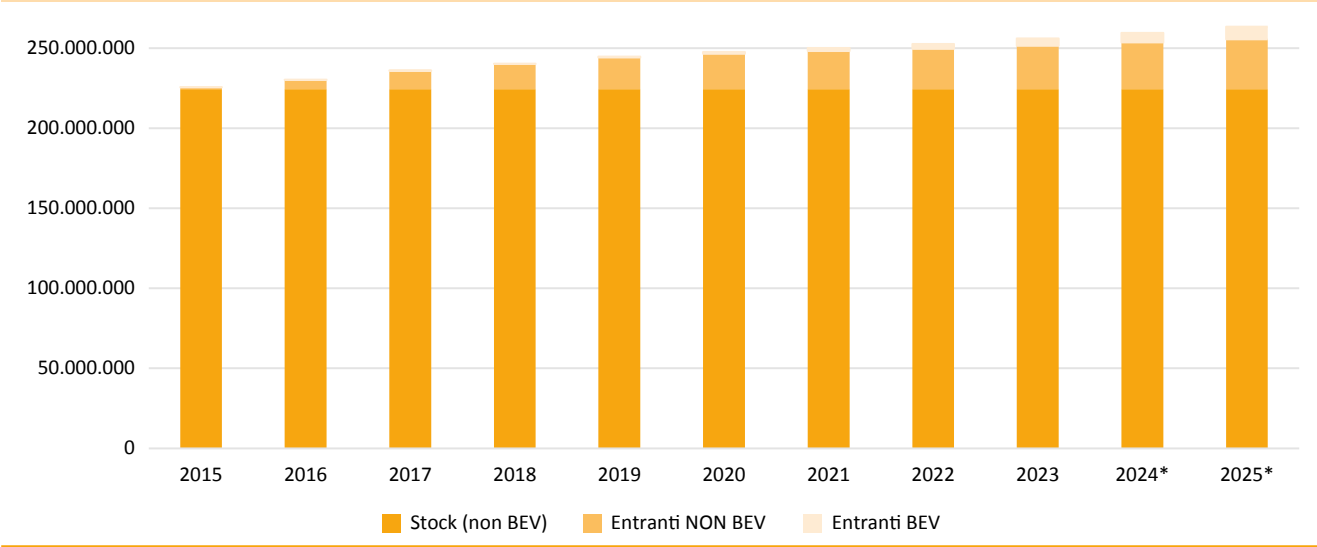
Se si confrontano i saldi, calcolato come differenza tra immatricolazioni e radiazioni (auto che entrano meno auto che escono dal parco), si nota come negli ultimi anni il saldo delle sole vetture elettriche sia cresciuto, anche se tra 2024 e 2023 c'è stata una flessione, mentre quello delle vetture non elettriche abbia avuto un andamento altalenante, benché è le-

cito aspettarsi che debba ridursi (Sileo 2024).

Nei prossimi anni il saldo elettrico, innanzi tutto per via delle norme, dovrebbe crescere; tuttavia, perché si possano vantare risultati sul piano della decarbonizzazione, è necessario che le vetture elettriche annullino (prendano effettivamente il posto) delle non elettriche. Altrimenti le vetture elettriche non staranno sostituendo le endotermiche, ma solo aggiungendosi ad esse (Bonacina e Sileo 2024).

Cosa che, in verità, nell'Unione Europea (e anche nel resto del mondo) sta puntualmente avvenendo. Negli ultimi anni, infatti, purtroppo proprio in concomitanza con i cambiamenti sul lato dell'offerta avvenuti molto più *ex lege* che per spinta del mercato, vi è stata una significativa riduzione del peso percentuale delle immatricolazioni sul circolante attestatasi intorno al 3,5% negli anni più recenti (negli anni '80 del secolo scorso era dell'8%). Una contrazione che ha ineluttabilmente reso più marginale l'effetto dei cambiamenti nelle nuove immatricolazioni sullo stock in circolazione e ha allungato i tempi di sostituzione delle vetture in uso con le nuove.

Fig. 5.3: Andamento del parco circolante e del saldo (elettrico e non) nell'Unione Europea (2015-2025*)
Fonte: elaborazioni su dati ACEA ed Eurostat, 2026 *dati provvisori



5.5. IL MISTERO DEL PARCO CIRCOLANTE ITALIANO

I dati ACI confermano un paradosso che accompagna ormai da anni la transizione energetica italiana nel settore automotive: il parco automobilistico (e veicolare più in generale) nazionale continua a crescere a ritmi sostenuti, anche quando la dinamica delle nuove immatricolazioni elettriche sembrerebbe segnalare un cambio di passo. Nel 2025 le sole automobili sono aumentate di oltre 455 mila unità – un incremento che, da solo, supera l'intero stock di autovetture elettriche circolanti in Italia. Queste ultime, pur in crescita del 30% sul 2024, si fermavano infatti al 31 dicembre 2025 a poco più di 362 mila unità, una cifra che include peraltro alcuni esemplari ormai storici come la Panda o la Seicento Elettra degli anni '90, la cui effettiva marcia su strada appare quantomeno improbabile, complice un'autonomia ormai largamente inadeguata.

Quest'esempio non è un'eccezione elettrica, il nodo interpretativo, infatti, riguarda un tema più ampio e strutturale: quello della differenza tra parco veicolare iscritto al PRA e parco effettivamente circolante. Istat stima che solo il 79,5% del totale dei veicoli targati sia realmente in uso, mentre la quota restante rimane su strada solo formalmente. Non si tratta di un fenomeno legato all'alimentazione e neanche esclusivamente all'età della vettura, quanto piuttosto a dinamiche di possesso e utilizzo tutte italiane: mezzi storici tenuti per passione e rimessi in sicurezza, mezzi multipli posseduti da un'unica famiglia ma utilizzati saltuariamente, veicoli assicurati solo per parte dell'anno. Un indicatore più affidabile per stimare il parco realmente attivo è probabilmente quello dei veicoli in regola con la revisione periodica, sebbene anche questo criterio non sia esente da margini di errore, includendo presumibilmente alcune decine di migliaia di mezzi che restano formalmente fermi per semplice dimenticanza burocratica.

Un contributo alla chiarezza statistica, oltre che alla effettiva riduzione del parco veicolare, dovrebbe arrivare dagli effetti della legge 14/2026, che introduce la possibilità di rottamare e radiare dal PRA i veicoli sottoposti a fermo amministrativo senza la previa estinzione del debito. La platea potenzialmente interessata da questa misura è stimata in circa 4 milioni di veicoli, anche se è ragionevole attendersi che solo una parte di essi venga effettivamente eliminata dai registri.

Il quadro che ne emerge restituisce un duplice livello di complessità per la programmazione della transizione energetica nel settore automotive. Da un lato, la difficoltà di distinguere correttamente, nei dati ufficiali, tra parco nominale e parco realmente circolante – e dunque realmente responsabile di emissioni ed esternalità – complica la valutazione dell'effettivo impatto ambientale del settore. Dall'altro, anche depurando il dato dalle distorsioni statistiche, resta evidente l'enormità del compito che attende il Paese nel percorso verso la decarbonizzazione: con le autovetture elettriche che oggi rappresentano meno dell'1% del parco circolante effettivo, l'obiettivo europeo di rinnovare la gran parte del parco con mezzi a zero emissioni entro il 2050 appare, allo stato attuale dei trend, un traguardo distante e tutt'altro che scontato (Sileo 2026b).

5.6. PIÙ ATTENZIONE AI CONSUMI

Alla luce di quanto scritto finora crediamo sia difficile non convenire sulla necessità di lavorare a ulteriori strategie da affiancare alla sostituzione del circolante con il nuovo alimentato con energia elettrica. Se infatti la decarbonizzazione del vettore elettrico procede relativamente spedita (con la crescente diffusione di impianti di produzione da fonti rinnovabili e, di recente, anche di sistemi di accumulo per valorizzarne la produzione di eolico e fotovoltaico), la diffusione e l'uso delle autovet-

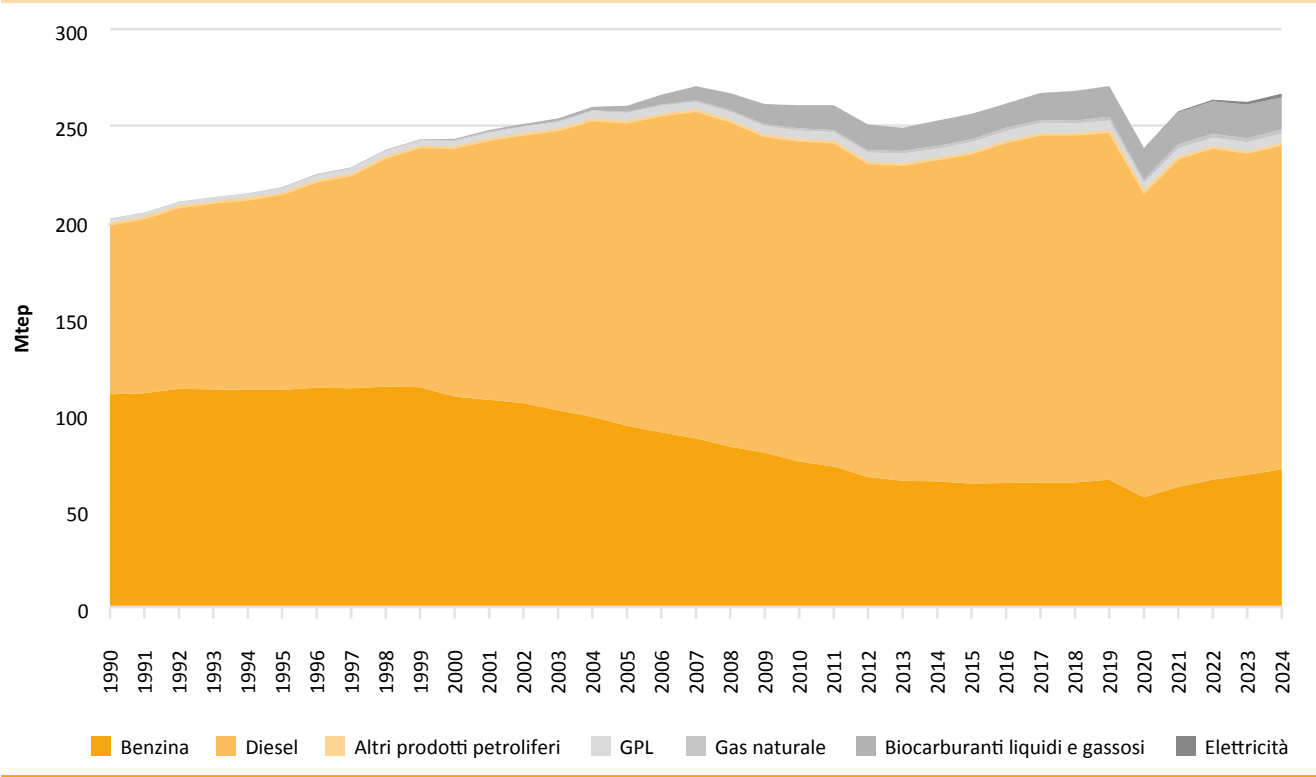
ture e più in generale dei mezzi alimentati da energia elettrica è – e ci azzardiamo a dire sarà – ben più lenta. Sotto questo sempre più rilevante profilo, maggiore attenzione andrebbe prestata semplicemente ai consumi di carburanti fossili e dunque alle emissioni climalteranti.

Emissioni che sono diretta conseguenza dell'uso dei veicoli. E infatti basterebbe usare (molto) meno e (molto) meglio i mezzi in circolazione per abbattere le emissioni. Cosa, sia chiaro, facile solo a dirsi.

I dati non paiono affatto incoraggianti. Da un lato l'utilizzo dell'energia elettrica nel settore dei trasporti stradali è certamente in crescita, ma resta ancora (ben) inferiore all'1% (Fig. 5.4): 25 anni paiono un orizzonte decisamente troppo ravvicinato perché possa esserci una crescita maggiore di 80 o 90 volte.

Anche considerando la maggiore efficienza globale del vettore elettrico (per capirci: più km percorsi a parità di energia consumata) e moltiplicando per tre il peso dell'energia elettrica nel totale dell'energia consumata per i trasporti stradali è evidente che in soli 25 anni è molto, molto difficile che si possano fare miracoli. Tanto più che la storia dell'energia insegna che le fonti tendono molto più a sommarsi che a sostituirsi. Andrebbe tenuto poi anche in conto che tra il 2023 e 2024, il fabbisogno energetico totale dei trasporti nell'UE è cresciuto dell'1,6%, e dunque la crescita dell'energia elettrica si aggiunge a quantità crescenti di energia fornite da gasolio e benzina. Il consumo di quest'ultima, in particolare è aumentato per la diffusione delle autovetture ibride, in gran parte alimentate appunto a benzina.

Fig. 5.4 Consumi energetici dei trasporti stradali nell'Unione Europea per fonte (milioni di tep): 1990-2024.
Fonte: elaborazioni su dati Eurostat 2025



5.7. ANCHE IL MOTORSPORT CORRE VERSO LA DECARBONIZZAZIONE*

Anche le competizioni motoristiche sono un ambito in cui si lavora alacremente per neutralizzare le emissioni dei carburanti utilizzati nei motori a combustione interna. La Federazione Internazionale dell'Automobile (FIA), che raggruppa oltre 240 club automobilistici di 144 Paesi, sta velocemente percorrendo la strada che porta a un futuro più pulito e accessibile per il motorsport.

La Formula 1 è in pole position per realizzare un obiettivo ambizioso: diventare totalmente carbon neutral entro il 2030. Un traguardo che vuole raggiungere attraverso infrastrutture resilienti, innovazione e un approccio basato sulla neutralità tecnologica. La Formula 1 ha intrapreso la via della sostenibilità da diversi anni. Nel 2022 è stato introdotto il carburante E10 (composto per il 90% da carburante fossile e per il 10% da etanolo rinnovabile), un primo ma importante passo nella roadmap verso la neutralità (FIA 2023). Nel 2025 è stato raggiunto un altro traguardo: in F1 è stata introdotta una nuova generazione di powertrain alimentati al 100% da biocarburanti ricavati da fonti rinnovabili. Il regolamento 2026 ha poi sancito l'introduzione di combustibili completamente sostenibili, pensati per ridurre l'impatto ambientale del campionato e favorire lo sviluppo di nuove soluzioni energetiche.

La nuova generazione di motori F1 prevede una spartizione di potenza 50/50 tra motore a combustione interna e motore elettrico, con la componente elettrica salita a 350 kW (quasi 476 CV). Tuttavia, già nelle prime gare della stagione 2026 sono emerse criticità legate alla gestione dell'energia: le power unit hanno sollevato problemi di "clipping" in rettilineo e di guida conservativa da parte dei piloti, spingendo FIA, FOM, team e motoristi a definire un piano di correzione graduale per il biennio 2027-2028. Il nuovo

piano prevede una transizione in due fasi: nel 2027 il rapporto passerà a circa 58% termico e 42% elettrico, mentre nel 2028 si arriverà alla ripartizione definitiva del 60% termico e 40% elettrico. Il presidente della FIA, Mohammed Ben Sulayem, ha confermato che le discussioni sui futuri concetti di power unit includono anche ipotesi di motori V8 aspirati alimentati a combustibili rinnovabili.

Il regolamento 2026 dà libertà ai fornitori di lasciare ai costruttori di motori di sviluppare diverse molecole di carburante, con gli unici limiti rappresentati dai parametri di ecosostenibilità e dalle curve di distillazione: un'apertura che favorisce una stretta collaborazione lungo tutta la filiera per ottimizzare prestazioni, affidabilità e potenza, e che promette di accelerare l'innovazione e la diffusione di carburanti sintetici per la mobilità di massa, abbassandone i costi di produzione. Tra i principali partner compaiono nomi più o meno noti come Zero Petroleum, startup fondata dall'ex ingegnere F1 Paddy Lowe, che produce carburanti sintetici con il processo Fischer-Tropsch.

Il motorsport si conferma così un laboratorio per la transizione sostenibile della mobilità a quattro ruote: la neutralità tecnologica è la parola d'ordine del percorso verso la riduzione delle emissioni. Nel futuro delle vetture da corsa non ci sono solo e-fuel ma anche biocarburanti – prodotti da biomassa di scarto, con emissioni ridotte del 65% rispetto al fossile, come nel campionato del mondo FIA WEC – e l'idrogeno. I motori a combustione interna alimentati a idrogeno stanno guadagnando quota come soluzione per la riduzione delle emissioni, in particolare nell'off-road e nell'endurance. L'Extreme H è diventato il primo campionato mondiale di corse off-road alimentato a idrogeno, dopo aver ottenuto un accordo con la FIA, prendendo il posto della serie Extreme E. Sul fronte dell'endurance, nel giugno 2026 sul circuito della 24 Ore di Le Mans il prototipo Toyota TR LH2 e l'Alpine

*Edoardo Lisi

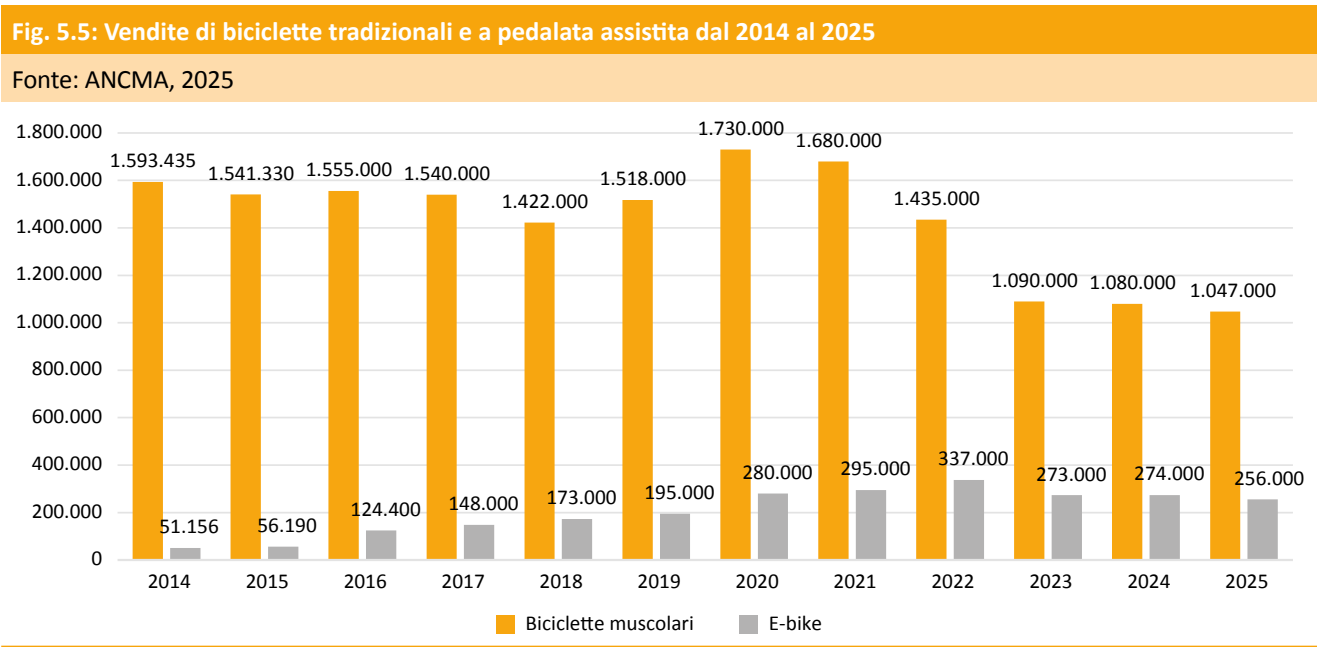
Alpenglow hanno effettuato sessioni dimostrative con motori alimentati rispettivamente a idrogeno liquido e gassoso, aprendo la strada all'integrazione competitiva. ACO e FIA hanno formalmente concordato l'utilizzo dell'idrogeno ai massimi livelli della disciplina a partire dal 2030, nell'ambito del nuovo regolamento Hypercar di seconda generazione, con le vetture H2 che seguiranno le stesse specifiche base delle Hypercar convenzionali.

Non mancano poi anche in Italia competizioni come il Campionato Energie Alternative (Green Endurance, Solar, Rally) e la Roma Eco Race, che promuovono specificatamente veicoli a zero o basse emissioni e carburanti alternativi. La transizione sostenibile del motorsport è appena all'inizio: la FIA sta già discutendo delle novità oltre il 2030, con proposte che spaziano dalla semplificazione delle power unit a possibili motori V8 aspirati alimentati a combustibili rinnovabili, confermando che il laboratorio sportivo continuerà a precedere – e orientare – quello industriale.

5.8. LE BICICLETTE CONTINUANO A FRENARE

Mentre le immatricolazioni delle automobili sono in ripresa, le vendite di biciclette continuano a segnare il passo, non solo nel nostro Paese, ma anche nel resto dell'UE. Per il terzo anno consecutivo nel mercato italiano si è registrata una flessione. Nel 2025 il calo si è fatto più netto rispetto agli anni precedenti; con 1.303.000 bici consegnate (-4% sul 2024), il mercato ha segnato il risultato più basso da oltre un decennio, lontano sia dal picco di vendite toccato nel 2020 (2.010.000 unità) sia dai livelli pre-pandemia (Fig. 5.5)¹⁷.

Il calo ha riguardato entrambi i segmenti: le biciclette tradizionali sono scese a 1.047.000 pezzi (-3%) e le e-bike a 256.000 unità (-7%). Particolarmente preoccupante la contrazione nel canale specializzato, che rappresenta il cuore della rete distributiva: -8% per le muscolari e -14% per le elettriche, parzialmente compensati dal re-



17 E anche dal massimo del volume d'affari registrato nel 2022 (3,2 miliardi di euro).

cupero della grande distribuzione e dell'online, che però tendono ad alimentare i segmenti di prezzo più bassi, erodendo i margini dell'intera filiera.

Come lo scorso anno, e a differenza del 2022, le vendite di bici a pedalata assistita non sono riuscite a contenere la flessione delle tradizionali, anzi ne hanno amplificate le difficoltà. Va notato tuttavia che le e-bike rappresentano ormai il 20% delle vendite totali, quota quasi doppia rispetto all'11% del 2019. Nella composizione del venduto 2025, sul fronte della pedalata assistita il 50% è costituito da e-city, il 45% da e-MTB (in calo rispetto al dato precedente), il 4% da e-corsa/gravel e l'1% da e-cargo; tra le muscolari invece il 30% è dato da mountain bike, il 33% da city/trekking, il 18% da bici da ragazzo, il 16% da corsa/gravel (in aumento) e il 2% da pieghevoli.

Il volume d'affari totale scende a 2,5 miliardi di euro (-3,85% rispetto al 2024), confermando un mercato che resta comunque del 19% sopra ai livelli del 2019 (2,1 miliardi), quando la bici era ancora prevalentemente un bene di consumo stagionale.

Positivi, rispetto al 2024, gli indicatori industriali del comparto: la produzione di bici tradizionali sale a 1.805.000 unità (+6%), mentre quella di e-bike scende a 281.000 (-17%), riflettendo le difficoltà del segmento elettrico anche sul versante manifatturiero.

Molto positiva la bilancia commerciale del settore bici (tradizionali e a pedalata assistita), che segna un saldo di +199 milioni di euro, in netto miglioramento rispetto ai +155 milioni del 2024. A livello di settore ciclo complessivo (incluso la componentistica), il saldo è di +172 milioni, in lieve calo rispetto ai +175 milioni del 2024, per via della crescita delle importazioni di parti (+25,4%, a 577 milioni), che ha più che compensato il buon andamento dell'export di componentistica (+14,5%, a 550 milioni). Sul fronte biciclette, l'export in valore cresce da 276 a 317 milioni (+14,8%), mentre l'import scende da 136 a 133 milioni (-2,2%); per le e-bike, l'export vale 139 milioni (-9,2%) e l'import 124 milioni (-10%). Il tessuto pro-

duuttivo nazionale – circa 220 imprese per lo più PMI, con 17.000 addetti diretti e altrettanti indiretti, per un fatturato industriale di 1,9 miliardi di euro – conferma una buona competitività nonostante la debolezza del mercato interno.

5.9. L'INDUSTRIAL ACCELERATOR ACT E LA SFIDA DELLA NEUTRALITÀ TECNOLOGICA

In questo complesso e magmatico contesto su descritto la Commissione europea, il 4 marzo 2026, ha presentato la proposta di regolamento COM(2026) 100, denominata Industrial Accelerator Act (IAA), con l'obiettivo di rafforzare la competitività industriale europea, accelerare la decarbonizzazione e ridurre le dipendenze strategiche. Il regolamento si propone di portare la quota della manifattura sul PIL dell'Unione al 20% entro il 2035, dal 14,3% registrato nel 2024, intervenendo sui settori strategici tra cui le industrie energivore, le tecnologie nette a zero emissioni e l'automotive.

L'elemento qualificante dell'IAA rispetto al quadro normativo esistente è che l'origine UE cessa di essere un mero dato classificatorio a fini doganali e diventa un requisito minimo vincolante per partecipare a determinate gare d'appalto, accedere a finanziamenti pubblici e, in parte, ricevere investimenti esteri. Per l'automotive, la preferenza "Made in EU" si applica alle autovetture elettriche interamente assemblate nell'Unione, con almeno tre componenti della batteria e il 70% dei componenti non legati alla batteria fabbricati in Europa. Il regolamento introduce inoltre limiti per gli investimenti diretti esteri superiori a 100 milioni di euro nei settori strategici emergenti – batterie, veicoli elettrici, solare, materie prime critiche – qualora il Paese dell'investitore detenga oltre il 40% della capacità produttiva globale, una norma chiaramente rivolta a contenere la penetrazione cinese

nelle filiere europee. Sul versante operativo, il regolamento punta a rendere più rapide le procedure autorizzative per i progetti industriali strategici, attraverso la creazione di aree di accelerazione manifatturiera e l'introduzione di uno sportello unico digitale.

Sul piano del percorso legislativo, la proposta è ora all'esame del Parlamento europeo e del Consiglio nell'ambito della procedura legislativa ordinaria; l'approvazione definitiva è attesa non prima del 2027, con le principali disposizioni sugli appalti pubblici che entreranno in vigore dal 1° gennaio 2029. Tra i nodi politici più delicati figura la definizione dei criteri di origine: la Francia spinge per un'interpretazione restrittiva "EU-only", mentre la Germania propende per un modello "Made with EU" che includa i partner commerciali di fiducia.

Per l'Italia, e in particolare per la filiera automotive nazionale, l'IAA solleva interrogativi che vanno oltre la questione tecnica dei requisiti di origine. Il settore automotive italiano – che conta circa un milione di occupati lungo tutta la filiera, genera 380 miliardi di euro di fatturato, pari al 5,8% del PIL, e ha registrato nel 2024 un export di componentistica pari a 24,6 miliardi di euro con un surplus commerciale di 6,8 miliardi – è strutturalmente fondato sulla componentistica meccanica e sui sistemi di powertrain tradizionali, non sull'assemblaggio di veicoli elettrici né sulle gigafactory. La forza competitiva italiana risiede precisamente in quei segmenti produttivi – transmis-

sioni, sistemi di scarico, componentistica di precisione, materiali avanzati – che l'IAA, nella sua attuale formulazione, non include tra le tecnologie strategicamente rilevanti ai fini degli strumenti di sostegno e dei requisiti di contenuto europeo.

Il rischio è un effetto di lock-in tecnologico: concentrando gli strumenti di accelerazione industriale sui veicoli elettrici puri, sulle batterie e sull'e-powertrain, il regolamento rischierebbe di lasciare prive di adeguato accompagnamento le imprese della componentistica tradizionale, con possibili ricadute in termini di delocalizzazione verso Paesi terzi che mantengono un mix tecnologico più ampio.

La risposta non è chiedere rallentamenti alla transizione, ma garantire che il criterio di accesso agli strumenti di sostegno sia fondato sulla performance emissiva misurabile – e non sulla tecnologia prescritta – estendendo il perimetro delle soluzioni riconosciute a PHEV, range extender, idrogeno, biocarburanti sostenibili ed e-fuel, in coerenza con quanto già previsto dalla revisione del Regolamento (UE) 2023/851 sugli standard CO₂. La stessa Commissione, con quella revisione, ha introdotto un target di riduzione delle emissioni allo scarico del 90% al 2035, con il restante 10% compensabile anche attraverso acciaio a basse emissioni, e-fuel e biocarburanti: sarebbe contraddittorio che l'IAA adottasse criteri industriali più restrittivi rispetto all'approccio flessibile già sancito sul versante regolatorio.

CAPITOLO 6

LA COOPERAZIONE EUROPEA PER L'INNOVAZIONE:
IL NUOVO EU STRATEGIC ENERGY TECHNOLOGY PLAN

6.1. INTRODUZIONE: POTERE E POTERE

Nel suo libro del 2024 il giornalista Marco Dell'Aguzzo gioca con il duplice significato della parola inglese “*power*”, che può indicare la potenza elettrica ma anche il potere politico¹⁸. La transizione energetica, a parte la sostituzione delle fonti fossili con le rinnovabili, implica anche “una competizione tra gli Stati riguardo lo sviluppo delle cosiddette tecnologie pulite, il primato su alcuni processi industriali verdi e il controllo su alcune filiere che saranno fondamentali nei prossimi anni” (Palazzo 2025).

Nel dibattito pubblico si usa l'espressione “petrostati”, a indicare quei Paesi che basano le proprie economie sulla produzione e l'esportazione di idrocarburi. Da alcuni anni, pensando *in primis* alla Repubblica Popolare Cinese, comincia a farsi sentire il termine “elettrostati”, ovvero Paesi che, invece, fondano le proprie economie, e il proprio potere, sulla produzione, l'adozione e l'esportazione di tecnologie legate alla generazione, al consumo, al trasporto e allo stoccaggio di elettricità (es. pannelli solari, pale eoliche, auto elettriche e batterie). Per gli addetti ai lavori possono risultare termini un po' fastidiosi dato che mettono sullo stesso piano fonti energetiche (gli idrocarburi) e vettori energetici (l'elettricità). Una semplificazione in parte anche amplificata dalla vaga pomposità di queste parole, che, accostando la forma di energia e l'istituzione statale, proiettano un'immagine di potere monolitica, a una dimensione, quella dell'energia. La natura del potere degli Stati è più complessa, ci sono anche altre dimensioni che contano. Tuttavia, è innegabile che “petrostato” ed “elettrostato” siano parole d'effetto, soprattutto in questi anni in cui l'energia è tornata al centro della competizione globale, in quanto obiettivo o strumento di azioni politiche, industriali e militari. Alcuni inseriscono questa competizione globale in una nuova guer-

ra fredda, tra petrostati ed elettrostati, tra gli Stati Uniti del “*drill baby drill*” di Trump e la Cina, che possiede la metà della capacità solare installata al mondo (Fresnedo 2025). Entrambe le etichette contribuiscono, probabilmente, a veicolare il messaggio che gli stessi governi statunitense e cinese vogliono far passare, da un lato il bastione del *business as usual*, negazionista rispetto alla crisi climatica e “*America first*”, e dall'altro il Paese del futuro, *green* e scintillante. Più degli archetipi a cui tendere che delle accurate descrizioni del reale, dato che nel “petrostato” statunitense, nonostante Trump, dal 2024 la nuova capacità rinnovabile cresce in modo significativo (US EIA 2026), mentre l’“elettrostato” cinese consuma ancora parecchio carbone.

E l'Europa? Avrebbe tutte le carte per contribuire a una terza via, una transizione energetica basata sulla collaborazione, sul diritto internazionale e nel rispetto della democrazia. Questo è quanto affermato dal primo ministro canadese Carney, molto attivo nel rafforzare i rapporti tra Canada e Unione Europea (UE), dichiarando che “l'ordine internazionale verrà ricostituito a partire dall'Europa” (il Post 2026a). Già al Forum di Davos a gennaio aveva incoraggiato le “medie potenze” a cooperare, nel rispetto reciproco, questione su questione, con un “realismo basato sui valori” (“miriamo a essere di buoni principi e pragmatici al tempo stesso”), per non soccombere al peso delle grandi potenze, oggi meno affezionate al diritto internazionale e alle sue istituzioni (il Post 2026b).

Sembra un concetto banale ma in questi tempi in cui le interdipendenze sono usate dai più forti come strumento di ricatto, che si parli di dazi o del “rubinetto” dei gasdotti, evidentemente non lo è: la cooperazione è imprescindibile e ogni piattaforma, istituzione o accordo che la sostenga è un bene prezioso.

Per quanto concerne i temi di questo rapporto, per innovare, per una transizione energetica efficace, che avvenga nei tempi opportuni, raccomandati dal-

18 “Power. Tecnologia e geopolitica nella transizione energetica” di Marco Dell'Aguzzo, Ledizioni, 2024.

la scienza, che non lasci nessuno indietro, che tenga conto del ruolo e della voce delle comunità, anche quelle marginalizzate, serve cooperare. Una transizione diversa salverebbe meno del nostro pianeta come lo conosciamo, sarebbe più costosa, in termini umani ed economici, e sarebbe per pochi.

6.2. IL VERO POTERE CHE GENERA PROSPETTIVE È QUELLO DELLA COOPERAZIONE

Sia la transizione sia la cooperazione, se si punta all'obiettivo della sicurezza energetica, sono ancora più necessarie, soprattutto per noi europei, dopo lo scoppio della guerra in Ucraina e la chiusura dello stretto di Hormuz. Dinanzi agli attori che mettono in discussione l'ordine mondiale e dinanzi agli effetti della crisi climatica, occorre cooperare, per ridurre il margine di manovra dei suddetti attori – collaborando anche con loro, da una posizione migliore, con un approccio multilaterale e non bilaterale – e per non perdere altro tempo, opportunità ed energie per contrastare il cambiamento climatico.

Come Carney, che a Davos ha detto “le complementarità sono a somma positiva” e “il costo dell'autonomia strategica, della sovranità, può essere condiviso” (il Post 2026b), anche la International Energy Agency (IEA) in più occasioni ha ribadito che lo sviluppo delle tecnologie necessarie alla neutralità climatica richiede il lavoro di gruppo, suggerendo che i Paesi cerchino di essere competitivi in base ai vincoli e ai punti di forza derivanti dalla loro geografia, dalle competenze e infrastrutture di cui dispongono, evitando di competere con gli altri Stati su tutte le porzioni delle filiere, bensì cooperando dove non possono fare da soli (IEA 2023). Autonomia strategica e sovranità non intese come autarchia ma come gestione delle dipendenze, tramite diversificazione, collaborazione, innovazione e – tema spesso menzionato ma poco affrontato davvero – politiche industriali. ECCO Think

Tank in un *policy paper* di marzo sull'interdipendenza con la Cina critica la narrazione che attribuisce alla transizione energetica e alla decarbonizzazione impatti negativi sull'economia e sull'esposizione geopolitica. Mettere sullo stesso piano la dipendenza italiana ed europea dagli idrocarburi esteri e quella dalle *clean tech* cinesi (scordandosi di quanto dipendiamo dalle tecnologie statunitensi in ambito digitale) significa ignorare il fatto che, mentre il valore energetico del metro cubo o del barile importato svanisce col consumo, quello del pannello solare rimane, contribuendo a ridurre le emissioni e le bollette. Una gestione della dipendenza dalle tecnologie non passa per una cessazione a priori di queste importazioni, piuttosto passa per una politica industriale che contrasti la perdita di competitività e di competenze a casa nostra. In merito al nostro Paese le autrici di ECCO scrivono: “la questione rilevante non è se l'Italia importi, ad esempio, pannelli solari dalla Cina, ma se stia sviluppando le capacità di installazione, manutenzione, integrazione e riciclaggio che traducono la diffusione [dei pannelli, NdA] in valore economico trattenuto e se stia investendo nei segmenti manifatturieri in cui può realisticamente competere” (Trasi et al. 2026 p.3-4).

Valorizzare in modo strategico i nostri punti di forza come Italia ed Europa e cooperare, tra europei e con altri Paesi, creando “una fitta rete di connessioni attraverso il commercio, gli investimenti e la cultura, alla quale poter attingere per le sfide e le opportunità future”. Riprendendo Carney, “le medie potenze devono agire insieme perché, se non sei seduto al tavolo, sei sul menu” (il Post 2026b).

L'UE da sempre è un'istituzione per la cooperazione e questo capitolo descrive la piattaforma e i processi che sostengono la collaborazione tra Paesi Membri e organi UE per l'innovazione in ambito energetico. Rispetto a quanto scritto nel Rapporto Innov-E del 2023 su questo argomento (Palazzo 2023) vi sono stati importanti aggiornamenti a seguito di un impegno europeo maggiore su autonomia strategica, sicurezza energetica e competitività.

6.2.1. Il roadmapping e perché è importante esserci

Sia per arrivare preparati al 2050 sia per rivendicare un ruolo importante sulla scena internazionale, è cruciale il ruolo dell'innovazione tecnologica. Per gestire l'innovazione è necessario monitorare l'avanzamento tecnologico e, in base agli obiettivi da raggiungere, determinare i *gap* da colmare guardando a diverse scadenze (es. entro il 2030, il 2040 e il 2050). Questa attività di monitoraggio e pianificazione viene chiamata *roadmapping*, in quanto implica la definizione di un percorso, con le sue tappe e le sue tempistiche. Per rispettare la tabella di marcia è indispensabile coordinare gli sforzi di ricerca a livello europeo e internazionale. I finanziamenti e le risorse devono essere gestiti in modo più possibile sinergico per:

- dirigere l'impegno affinché si abbia un impatto maggiore, facendo riferimento allo stato dell'arte e focalizzandosi sui divari più importanti da colmare in termini di sviluppo tecnologico;
- condividere i risultati per garantire che la ricerca costruisca nuovi percorsi evitando ridondanze e sovrapposizioni.

Questo coordinamento implica un costante confronto tra gli stakeholder, in modo da raccogliere tutte le informazioni utili aggiornate, in particolare da università e centri di ricerca e da operatori del settore, che vivono quotidianamente le sfide dell'ambito energetico. Sono soprattutto questi soggetti che dovranno adottare su vasta scala le tecnologie necessarie alla neutralità climatica. Il loro coinvolgimento è cruciale, anche per progetti e iniziative che coprono livelli di maturità tecnologica bassi, per porre le basi affinché gli sviluppi successivi, risalendo i cosiddetti *technology readiness level* (TRL), portino a soluzioni apprezzabili e facilmente utilizzabili da produttori, consumatori e distributori di energia e servizi energetici.

Il necessario confronto tra gli stakeholder avviene

tramite diversi tavoli di lavoro, su diversi livelli (nazionale, europeo, internazionale), con diversi *focus* tematici (il contributo di diverse tecnologie, soprattutto in base al contesto di applicazione, è importante, dalle rinnovabili alle batterie, dall'idrogeno alle pompe di calore, dall'efficienza ai trasporti, ecc.) coinvolgendo diverse categorie di stakeholder (vi sono tavoli per i *policymaker*, altri per gli operatori del settore, altri per il mondo della ricerca e altri più trasversali).

Un esempio di strumento di *roadmapping*, consultabile online, molto ricco di informazioni, è l'*ETP Clean Energy Technology Guide* della IEA¹⁹. È una guida che, per 640 diverse tecnologie riguardanti 10 diversi ambiti (es. rinnovabili, idrogeno, trasporti, industrie, edifici), descrive lo stato dell'arte ed evidenzia i fronti sui quali occorre concentrare maggiormente l'impegno per sviluppare e diffondere su vasta scala le tecnologie che ci servono per la neutralità climatica. Ogni tecnologia è caratterizzata da un diverso livello di maturità, dal "*concept*" al "*market uptake*".

Il principale contributo di queste *roadmap*, il motivo principale di questo lavoro di coordinamento, consiste, appunto, nell'elaborazione delle indicazioni sui prossimi passi, su quali tecnologie occorre proseguire nello sviluppo e innovazione e sotto quali aspetti. Programmi di finanziamento della ricerca nazionali, europei e internazionali preparano i bandi di gara sulla base di queste indicazioni.

Pertanto, dal punto di vista degli stakeholder, è nel loro interesse che le *roadmap* considerino i loro punti di debolezza, le loro esigenze, e anche i loro punti di forza, le loro eccellenze, affinché i bandi che saranno preparati li riflettano, creino opportunità per rispondere a queste esigenze e per mettere a frutto le eccellenze, da cui partire per fare innovazione.

Tutto il processo per il coordinamento della R&I europea parte dagli obiettivi che le istituzioni si sono poste (le *policy*) nel contesto politico mutevole, pas-

19 La *ETP Clean Energy Technology Guide* della IEA è accessibile qui: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide?layout=tree&selectedTechID=all>

sando poi per gli strumenti di pianificazione e coinvolgimento degli stakeholder di cui si sono dotate, fino al finanziamento di progetti e iniziative.

6.3. GLI OBIETTIVI COOPERATIVI UE

Le *roadmap*, nel definire il percorso, le tappe e le scadenze, hanno degli obiettivi fissati dalle *policy* e negli ultimi anni vi sono stati tanti punti di svolta che hanno lasciato il segno nelle politiche via via adottate. Per quanto riguarda l'UE, dal 2015, l'anno storico dell'Accordo della COP 21 di Parigi, i cui obiettivi si riflettono nel lancio della *Energy Union*, si sono succeduti diversi provvedimenti che hanno aggiornato gli obiettivi europei relativi alle emissioni, all'utilizzo delle rinnovabili e all'efficienza. *In primis* il *Green Deal* del 2019, che ha reso la neutralità climatica al 2050 un obiettivo giuridico, dopodiché una serie di *policy* pensate per integrare le misure per azzerare le emissioni nette con quelle per affrontare altre sfide sopraggiunte nel frattempo, dagli impatti della pandemia (*Next Generation EU* 2020) alla crisi energetica a seguito dell'invasione russa dell'Ucraina (*REPowerEU* 2022), fino alle esigenze di un sistema industriale che si vuole rendere più competitivo e autonomo (Commissione Europea 2019, 2020, 2022).

Gli obiettivi legati ad autonomia e competitività, insieme alla sostenibilità, sono presenti in particolare a partire dal *Net-Zero Industry Act* e dal *Critical Raw Materials Act* del 2023. Il primo è un provvedimento per sostenere la capacità produttiva europea per la dotazione di tecnologie per la transizione ecologica (Commissione Europea 2023b). Il secondo indica una strategia per rafforzare il ruolo della UE nelle filiere delle materie prime critiche attraverso la diversificazione degli approvvigionamenti, la sostituzione delle materie con altre di più facile accesso e processi di economia circolare (Commissione Europea 2023c). Un nuovo corso delle *policy* UE che continua nel 2025

con il *Clean Industrial Deal*, un documento strategico che descrive i passi per promuovere insieme decarbonizzazione, reindustrializzazione e innovazione, senza trascurare la necessità di aggiornare le competenze della forza lavoro. Si intende incoraggiare gli operatori industriali impegnati sui fronti della decarbonizzazione, dell'elettrificazione, dell'efficienza energetica e della circolarità tramite investimenti e agevolazioni. L'intenzione è dare alla UE un ruolo da protagonista nella transizione, cercando di evitare che diventi un mero mercato per le tecnologie prodotte altrove (Commissione Europea 2025). Dinanzi al generale incremento e alla volatilità dei prezzi dell'energia, l'*Affordable Energy Action Plan*, sempre del 2025, include misure per ridurre le bollette nel breve periodo e accelerare le riforme necessarie per una riduzione strutturale dei costi e per un potenziamento dei sistemi energetici dinanzi agli *shock* dei prezzi. In continuità si pone anche la comunicazione *Accelerate EU*, pubblicata in aprile, che incoraggia il coordinamento tra i Paesi Membri nel velocizzare il passaggio alle rinnovabili e l'elettrificazione, così da ridurre la dipendenza dalle importazioni di fonti fossili (Commissione Europea 2026).

6.3.1. EU Strategic Energy Technology Plan

Per conseguire questi obiettivi, le attività di ricerca e innovazione per la transizione energetica negli Stati Membri e in altri Paesi partecipanti sono coordinate dallo *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)*, lanciato nel 2007.

Il SET Plan identifica 10 Azioni di R&I:

1. sviluppare tecnologie rinnovabili performanti integrate nel sistema energetico;
2. ridurre il costo delle principali tecnologie rinnovabili;
3. creare nuove tecnologie e servizi per i consumatori;
4. aumentare la resilienza e la sicurezza del sistema energetico;

5. sviluppare materiali e tecnologie ad alta efficienza energetica per gli edifici;
6. migliorare l'efficienza energetica per l'industria;
7. diventare competitivi nel settore globale delle batterie (*e-mobility*);
8. rafforzare la diffusione dei carburanti rinnovabili sul mercato;
9. promuovere gli sviluppi nella cattura e nell'accumulo / utilizzo della CO₂ (CCUS);
10. aumentare la sicurezza nell'uso dell'energia nucleare.

Fig. 6.1 I Paesi del SET Plan

Fonte: elaborazione RSE



La realizzazione di queste 10 Azioni è resa possibile, sul piano economico, da contributi di programmi e fondi *ad hoc*, in primis *Horizon Europe*. Sul piano operativo vi è il lavoro di coordinamento realizzato da diversi tavoli che fanno parte della piattaforma del *SET Plan*.

È importante che la R&I sia svolta il più possibile da tutti i Paesi Membri e in modo tale che le attività siano coordinate (evitando sovrapposizioni) e siano di impatto (si concentrino sulle soluzioni che più servono e che più necessitano di miglioramenti per essere usate su vasta scala rapidamente).

Orchestrare un intero continente non è semplice ed è necessaria una sintonia sia “orizzontale” sia “verticale”, ovvero, rispettivamente, tra diversi Paesi e tra Paesi e UE: da un lato coordinarsi ed essere d'impatto e dall'altra essere sempre allineati con le 10 Azioni e condividere i risultati ottenuti per garantire un costante aggiornamento della situazione. Infatti, in base all'evoluzione dello stato dell'arte le istituzioni europee allocano i fondi per la ricerca e preparano i bandi di gara. Il duplice coordinamento, orizzontale e verticale, deve coinvolgere soggetti diversi, dalle università alle imprese, dalle istituzioni agli enti di regolazione, dagli operatori di rete ai *technology provider*. Per rendere possibile questo allineamento entrano in gioco i tavoli di lavoro.

I tavoli principali sono:

- *SET Plan Steering Group*
Assicura l'allineamento tra i diversi programmi di R&I e le priorità del *SET Plan*.
- *European Technology & Innovation Platform (ETIP)*
Promuovono lo sviluppo e la commercializzazione delle tecnologie energetiche. Forniscono indicazioni per le call di livello UE sui gap di sviluppo da colmare.
- *Implementation Working Group (IWG)*
Assicurano l'allineamento tra i programmi di R&I nazionali e il *SET Plan*. Forniscono indicazioni per le call nazionali sui gap di sviluppo da colmare.
- *European Energy Research Alliance (EERA)*
Promuove il coordinamento tra i ricercatori coinvolti in progetti energetici in base agli obiettivi del *SET Plan*.

Di particolare interesse in questa sede sono le ETIP e gli IWG, in cui hanno un ruolo importante anche le imprese del settore.

Al fine di coprire adeguatamente tutte le tecnologie necessarie per la transizione energetica, sono stati istituiti quindici IWG e undici ETIP, “abbinati” per tematica (Tab. 6.1):

Le ETIP monitorano lo stato dell’arte e indicano dove è più importante concentrare gli sforzi a livello europeo, sostenendo, quindi, soprattutto il coordinamento verticale. Gli IWG, indirizzando tutti i Paesi a condurre i propri programmi di R&I basandosi sulle 10 Azioni del *SET Plan* e contribuendo all’allineamento tra i diversi programmi nazionali, aiutano a realizzare il coordinamento orizzontale. Ne fanno parte i rappresentanti dei Paesi del *SET Plan* e interagiscono col tessuto imprenditoriale del settore energetico a livello nazionale. Per fare ciò gli IWG sono strutturati in “*Mirror*” locali le cui finalità sono:

- identificare e promuovere i progetti che si

realizzano sul territorio nazionale;

- identificare le priorità e le eccellenze delle aziende del proprio Paese in termini di R&I;
- portare le esigenze e le eccellenze dei territori a livello europeo, nei tavoli e organizzazioni che contribuiscono alla definizione delle *roadmap* e alla selezione e promozione dei progetti.

Così si arricchisce la visione complessiva sulle direttrici della ricerca con informazioni da tutta Europa, che possono così essere integrate nel processo di *roadmapping*, tenendo conto degli effettivi avanzamenti e delle necessità concrete che caratterizzano gli Stati Membri rispetto alle Azioni del *SET Plan*.

6.3.2. Il nuovo *SET Plan*

Con l’evoluzione dello stato dell’arte, del contesto politico e, quindi, delle *policy*, anche le *roadmap* si adeguano. In certi momenti si è reso necessario un aggiornamento generale di tutto il *SET Plan*, e quindi anche dei suoi tavoli di lavoro e delle relazioni tra essi.

Tab. 6.1 Implementation Working Group e European Technology and Innovation Platforms del SET Plan

Fonte: SET Plan Progress Report 2025 p.16-7

Implementation Working Group (IWG)	European Technology and Innovation Platforms (ETIP)
IWG Photovoltaic	ETIP PV
IWG Concentrated solar thermal technologies	
IWG Wind energy	ETIP Wind
IWG Geothermal	ETIP Geothermal
IWG Ocean energy	Ocean Energy Europe
IWG Direct Current technologies	
IWG Positive energy districts	European Construction Technology Platform
IWG Energy systems	ETIP Smart Networks for Energy Transition
IWG Energy efficiency in buildings	ETIP on Renewable Heating and Cooling
IWG Sustainable and efficient energy use in industry	
IWG Batteries	Batteries Europe
IWG Renewable fuels and bioenergy	ETIP Bioenergy
IWG CCS-CCU	Zero Emissions Platform
IWG Nuclear safety	Sustainable Nuclear Energy Technology Platform
TWG Hydrogen (Temporary Working Group)	

Nel 2015, anno del lancio della *Energy Union* e della ratifica degli Accordi di Parigi della COP21, il *SET Plan* ha adattato struttura e processi per riportare l'innovazione tecnologica al centro. Con questo aggiornamento sono state identificate le 10 Azioni per la R&I menzionate sopra.

Nel 2023 la Commissione Europea e gli stessi organi del *SET Plan* hanno promosso un "riallineamento", chiamato "*revamping*" (Commissione Europea 2023a), tenendo conto dei nuovi elementi strategici emersi nel frattempo, delle nuove *policy* e degli avanzamenti ottenuti nella realizzazione delle Azioni. Il ruolo del *SET Plan Steering Group* viene rafforzato per una gestione della R&I europea sulla transizione energetica più integrata. Un approccio più integrato è imprescindibile, come spiega anche il Rapporto Draghi: il sistema della R&I europea è caratterizzato da importanti disparità e frammentazioni, sia in termini di implementazione di attività di ricerca sia in termini di design regolatorio e di mercato (Draghi 2024). Vengono, inoltre, istituite cinque *task force* che, a partire dal 2024, preparano raccomandazioni a vantaggio di ETIP e IWG per affrontare in modo più possibile coordinato anche i temi trasversali (circolarità, transizione giusta, digitalizzazione, formazione dei lavoratori, commercializzazione delle tecnologie) (Commissione Europea 2023a).

A fine 2025, in linea con il *revamping*, è stata approvata la nuova *governance* del *SET Plan*, che mette in relazione i diversi tavoli di lavoro in un nuovo processo integrato che porterà alla realizzazione di un *Common Implementation and Investment Plan* (CIIP) per ogni area tematica di R&I. L'intenzione è promuovere, in maniera integrata, competitività, decarbonizzazione e resilienza delle catene del valore nella UE.

Ogni CIIP, per area tematica di R&I, deve essere aggiornato almeno ogni cinque anni e integra tre altri *deliverable*: la *Thematic Vision*, la *Strategic Research and Innovation Agenda* (SRIA) e l'*Implementation and Investment Commitment* (IIC).

La *Thematic Vision*, realizzata dall'IWG dell'area tematica corrispondente, analizza lo stato dell'arte e stabilisce gli obiettivi R&I di breve (al 2030), medio (al 2040) e lungo periodo (al 2050).

La SRIA, prodotta dall'ETIP dell'area tematica, declina gli obiettivi e le *milestone* della *Thematic Vision* in priorità e attività di R&I e di sviluppo industriale.

L'IIC, preparato dall'IWG, espone le modalità con cui i diversi Paesi e stakeholder intendono contribuire allo svolgimento delle attività (identificate dalla SRIA) e alle *milestone* (fissate dalla *Thematic Vision*). Si distinguono i compiti, e le risorse necessarie per la loro esecuzione, a seguito di un confronto fra rappresentanti di Stati Membri, Commissione Europea, stakeholder industriali e del mondo della R&I. Il risultato è, pertanto, un piano concreto di implementazione da realizzare attraverso programmi di ricerca nazionali, transnazionali ed europei, nonché collaborazioni internazionali.

Ogni CIIP, integrando obiettivi e *milestone* (*Thematic Vision*), priorità e attività di R&I e di sviluppo industriale (SRIA) e piani di implementazione e investimento (IIC), offre una panoramica per ogni area tematica pensata per allineare e guidare l'impegno di tutti gli stakeholder europei.

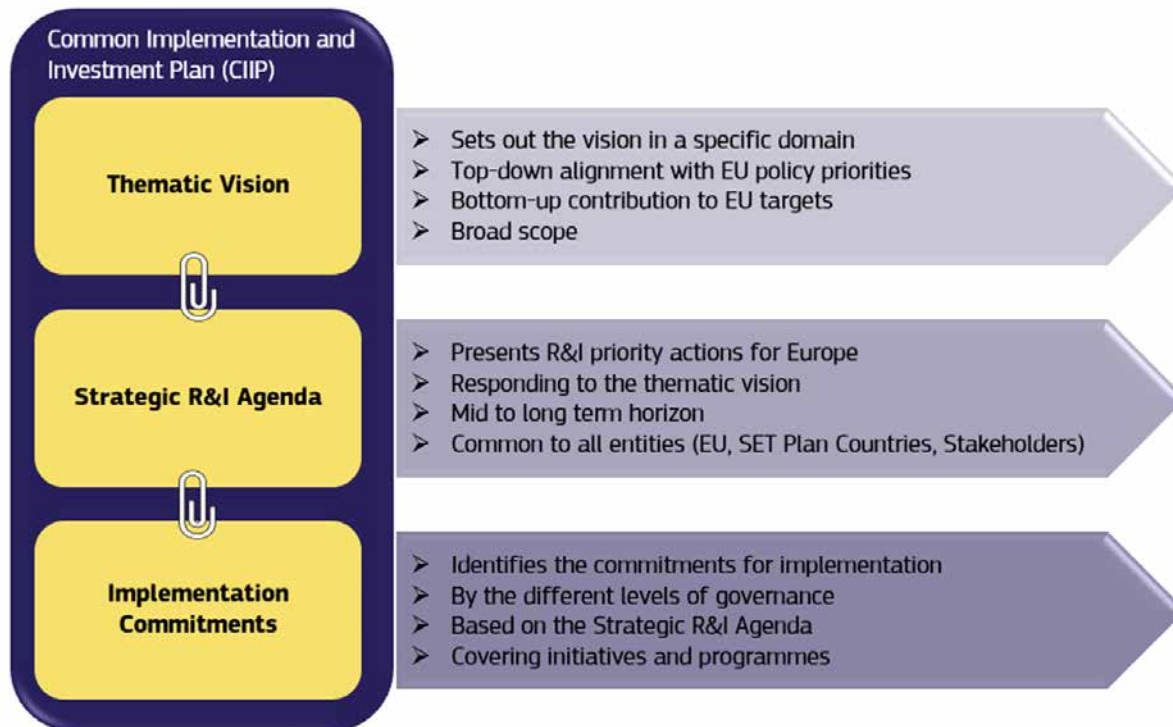
Mentre si scrivono queste righe gli IWG stanno ultimando le prime *Thematic Vision*.

Con questa nuova *governance* si intende aumentare il livello di coordinamento e guidare gli stakeholder verso un impatto maggiore. Il *SET Plan* punta ad andare oltre il coordinamento e le *roadmap*, ponendo le basi per l'implementazione e l'adozione delle tecnologie.

La piattaforma del *SET Plan* già si è spinta nell'ambito dell'implementazione, tramite iniziative che potremmo definire il braccio operativo del piano, ovvero le *Public Private Partnership* e i loro bandi di gara. Queste consentono a diversi enti legati alla promozione della R&I di diversi Paesi UE e di Paesi associati a *Horizon Europe* di lavorare insieme. Infatti, le partnership facilitano, da un punto di vista procedurale e organiz-

Fig. 6.2: Schema della CIIP e dei documenti che la compongono

Fonte: SET Plan Secretariat 2025, p.15



zativo, la condivisione di risorse, finanziarie, umane e infrastrutturali, per sostenere la realizzazione di progetti transnazionali di ricerca, avendo sempre il *SET Plan* come riferimento.

Fra le principali partnership relative a transizione energetica e decarbonizzazione vi sono la *Clean Energy Transition Partnership* (CETPartnership) e la *Driving Urban Transitions Partnership* (DUT Partnership). Entrambe pubblicano un bando annuale per la selezione di progetti transnazionali di ricerca coprendo le frontiere principali della R&I relativa a, rispettivamente, transizione energetica (dai sistemi energetici alla produzione da rinnovabili, dallo *storage* all'*Heating & Cooling*, ecc.) e transizione ecologica a livello urbano (città a 15 minuti, circolarità e Positive Energy Districts). Per conto

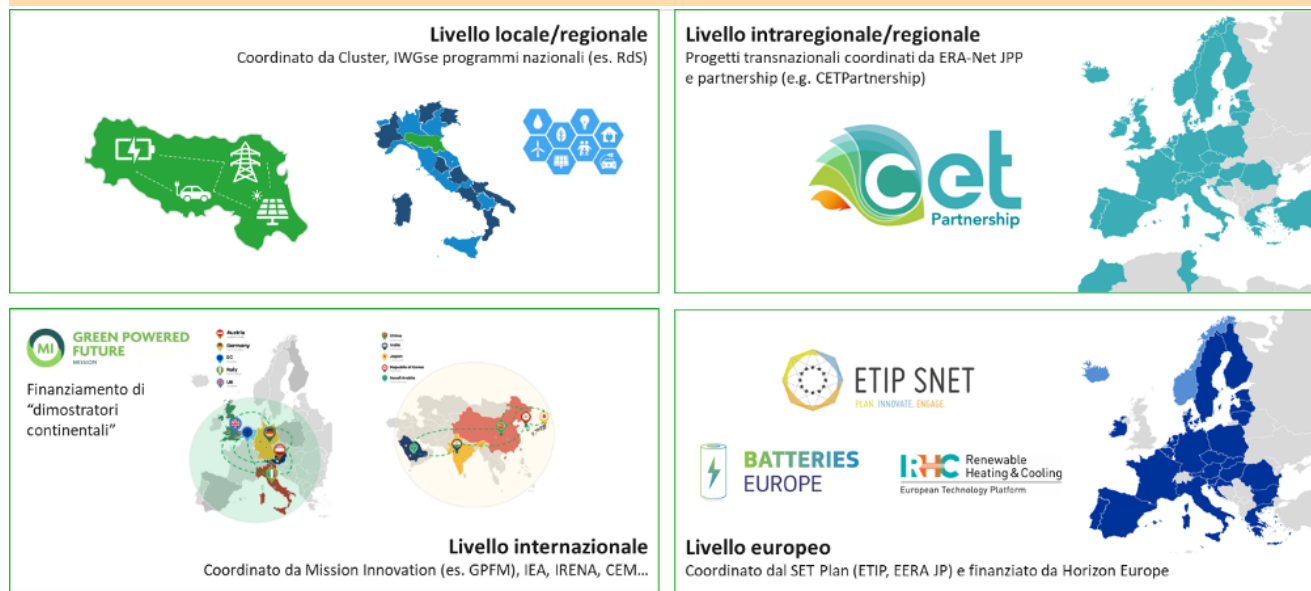
dell'Italia il Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) partecipa a entrambe le partnership, mentre RSE partecipa alla CETPartnership e ENEA alla DUT Partnership. In particolare, nella prima, RSE coordina il *team* relativo al sistema energetico integrato e il MUR quello sulla produzione di energia da rinnovabili. Inoltre, MUR e RSE sono promotori della collaborazione tra la CETPartnership e la *Green Powered Future Mission* (GPFM) di *Mission Innovation*, promuovendo così l'attività della partnership europea a un livello globale.

In entrambe le partnership vengono monitorati l'a-



Fig. 6.3: Il coordinamento multi-livello della R&I in ambito transizione energetica

Fonte: elaborazione RSE



vanzamento e i risultati dei progetti selezionati e si organizzano iniziative per lo scambio di *best practice* e per la massimizzazione dell'impatto di ogni progetto, guardando alla dimostrazione di tecnologie, alla loro applicazione e commercializzazione.

6.3.3. Il contributo italiano

L'Italia, attraverso centri di ricerca, ministeri e altri enti legati al mondo dell'innovazione, è attiva da anni nell'ambito di questi tavoli di lavoro e iniziative, portando le sue competenze e la sua esperienza.

A livello europeo, oltre al contributo presso la CETPartnership, RSE, in rappresentanza del governo, è *co-chair* dell'IWG4 *on Energy Systems* (relativo alla Azione 4 del *SET Plan*) e supervisiona e contribuisce ai *deliverable* previsti dalla nuova *governance* sul tema cruciale dell'integrazione dei sistemi energetici. Partecipa anche all'IWG14 *on Direct Current Technologies* insieme all'Università di Palermo ed è membro dell'*Executive Committee*, nonché di alcuni *Working Group*, della ETIP Smart Networks

for Energy Transition, presieduta da Terna.

Si rammenta il lavoro di ENEA e MUR nella DUT Partnership.

A livello internazionale RSE è attiva da anni nella IEA, dove ricopre il ruolo di vicepresidente del *Committee on Energy Research and Technology*, a cui partecipa, in rappresentanza dell'Italia, anche ENEA. In aggiunta, RSE, insieme ad altri enti italiani, fra cui il CNR, partecipa a diversi tavoli tecnici interni IEA. Si menzionano il coordinamento del gruppo di lavoro sulla flessibilità del sistema energetico e la direzione dell'*International Smart Grid Action Network (ISGAN)*.

Fra gli incarichi prestigiosi assegnati a RSE e al nostro Paese è da segnalare anche la direzione della già menzionata GPfM di *Mission Innovation*.

Tutte opportunità per il nostro Paese di contribuire alla supervisione e all'indirizzamento della R&I a livello europeo e internazionale, portando le proprie competenze, esigenze ed eccellenze.

Tuttavia, come si è già sottolineato, è cruciale che partecipino al processo anche i soggetti che adotteranno

le tecnologie sviluppate, in particolare le imprese. Il *Mirror* italiano dell'IWG4, anch'esso gestito da RSE, è pensato proprio per coinvolgere il tessuto imprenditoriale e gli stakeholder nostrani, le cui informazioni su cosa si è fatto e su cosa serve, in Italia, rispetto al raggiungimento degli obiettivi del *SET Plan*, sono preziose per stilare *roadmap* che tengano conto delle necessità del nostro Paese e di cosa il nostro Paese ha da offrire. Le imprese del settore conoscono le sfide e le soluzioni che potrebbero fare la differenza, applicano le tecnologie sviluppate dalla ricerca e ne stabiliscono, quindi, il vero impatto. Inoltre, le *best practice* e le eccellenze spesso emergono proprio dal tessuto imprenditoriale e devono essere portate all'attenzione del coordinamento internazionale della ricerca. Così si generano anche opportunità di crescita e di ulteriore avanzamento tecnologico interessanti per le nostre imprese e stakeholder, in termini, ad esempio, di bandi e di collaborazioni transnazionali con nuovi partner.

RSE e gli altri soggetti italiani attivi nei tavoli del *SET Plan* e nelle organizzazioni internazionali fanno il possibile per coinvolgere anche le imprese²⁰.

In questa sede è opportuno segnalare alcuni dati forniti dall'Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE) sulla partecipazione italiana a *Horizon Europe* (HE), relativa al periodo 2021-2024, che ha pubblicato un rapporto *ad hoc* ad aprile 2025 (APRE 2025).

Pur nell'ambito di una prestazione italiana complessivamente statica negli ultimi anni, "in una posizione intermedia, con un rientro finanziario non proporzionato alla sua capacità di partecipazione" (APRE 2025 p.16), le imprese svolgono un ruolo importante tra i partecipanti ai bandi HE provenienti dal nostro Paese.

Il 10,8% degli enti della categoria *Private for profit entities* vincitori di bandi HE, è rappresentato da imprese italiane. E sempre il 10,8% dei finanziamenti

distribuiti a questa categoria è stato vinto da italiani. Guardando solo ai finanziamenti ottenuti dall'Italia (l'8,7% del totale di HE), le imprese hanno ricevuto più contributi rispetto alla media nazionale. Mentre a livello UE il finanziamento di HE ha premiato soprattutto le categorie *Higher or Secondary Education* (35,4%) e *Research Organisations* (29%), seguite da *Private for profit entities* (26,1%), fra i partecipanti italiani la categoria *Private for profit entities* ha ottenuto il 32,3% del contributo, superata solo da *Higher or Secondary Education* (37,6%) e seguita da *Research Organisations* (20,8%). In termini di finanziamento vi è una maggior presenza di beneficiari fra le imprese italiane rispetto alla media delle imprese UE (+6,2%). Inoltre, il 45% del finanziamento ottenuto dal settore privato italiano è stato vinto da PMI.

Concentrandosi sul Cluster 5 (Clima, Energia e Mobilità) di HE, è da rilevare che, sempre tra il 2021 e il 2024, l'Italia ha ottenuto contributi finanziari maggiori rispetto alla media UE, ovvero il 22,42% sul totale riconosciuto al nostro Paese, contro il valore medio 19,08%. Inoltre, le imprese rappresentano il 55,7% dei beneficiari italiani nel Cluster 5, mostrando un importante impegno nell'innovazione in ambito energetico. Il Cluster 5 è anche la seconda tematica HE per numero di PMI italiane partecipanti (476) e per il contributo ottenuto (circa 155 milioni di €), dopo il Cluster 4 (Digitale, Industria e Spazio).

Nel complesso i dati raccolti e analizzati da APRE mostrano che le imprese italiane sono già protagoniste dell'innovazione europea in generale e in ambito energetico in particolare.

I risultati complessivi italiani, per quanto considerati buoni da rappresentanti del mondo della ricerca, delle università e dell'imprenditoria nazionali²¹, rilevano una minor capacità di crescere, rispetto ad

20 I contatti dell'IWG4, in particolare di RSE, se interessati a partecipare al *Mirror* italiano, si trovano sul sito, scorrendo in basso: https://setis.ec.europa.eu/working-groups/energy-systems_en.

21 La presentazione del rapporto "Rapporto sulla partecipazione italiana a Horizon Europe. Aggiornamento 2024" di APRE si è tenuta online il 10 aprile 2025 con rappresentanti da Confindustria, CoPER e CRUI: https://www.youtube.com/watch?v=Q7TPJG_CvGY.

altri Paesi, che in parte viene ricondotta a elementi contingenti, come la contemporanea presenza del carico di lavoro legato al PNRR, e a elementi più strutturali, come la necessità di aggregare e allineare maggiormente l'impegno dei partecipanti italiani, così da farsi meno concorrenza reciproca e assicurare una "massa critica". Aspetti sui quali, per inciso, ci si aspettano ricadute positive dall'impegno profuso per lo stesso PNRR.

6.4. ALLINEARSI TRA STAKEHOLDER, DALLE IMPRESE AI CITTADINI

Aggregarsi e allinearsi in ottica strategica costituiscono il concetto e la finalità alla base del coordinamento della R&I anche a livello europeo, ed è in questa direzione che vogliono muoversi le *policy* europee degli ultimi anni e la nuova *governance* del *SET Plan*. L'importante è far parte di questo impegno di coordinamento e cooperazione, per contribuire all'ecosistema dell'innovazione, italiano ed europeo, così da aumentarne l'efficacia. Così da mettere a frutto il contributo italiano ed europeo al progresso collettivo delle *clean tech*, in vista di obiettivi improrogabili di sostenibilità e sicurezza. Oltre a questi obiettivi, al centro del capitolo, non bisogna trascurare quello della lotta alle disuguaglianze, un problema multidimensionale, con importanti aspetti non solo di reddito ed energetici. La resilienza, sempre più necessaria in anni di *shock* di vario genere, oltre a essere una questione tecnologica, infrastrutturale e commerciale, è anche un processo sociale. Sono protette dagli effetti del cambiamento climatico soprattutto le persone fortunate ma anche chi, pur essendo fragile, fa parte di una rete di relazioni che, condividendo strumenti e conoscenze, facilita l'adozione di abitudini più sostenibili e più sane per i singoli e per la collet-

tività²². Le necessarie innovazioni tecnologiche sono adottate e diffuse grazie alle imprese, ma in molti casi sono i cittadini che dovranno abituarsi e farne uso, dalle batterie alle pompe di calore, dalle auto elettriche (magari in *sharing*) all'efficientamento di casa. Questi aspetti e il *welfare* "eco-sociale" esulano dal *focus* di questo capitolo, ma non vanno dimenticati. In diverse edizioni di questo rapporto si è trattato di comunità energetiche, uno degli strumenti interdisciplinari della transizione, che la rende non solo un processo tecnologico ma anche un processo trasformativo sul piano sociale. Le comunità energetiche e le relative associazioni, tra cui RESCOOP, sono tra gli stakeholder da coinvolgere.

Se non si è allineati e coordinati anche a livello sociale, se si trascurano le disuguaglianze e la frammentazione, si possono sviluppare le più complete e coerenti visioni al 2050 per tecnologia e impresa, ma ci si scorda del terreno sotto i piedi.

Questo è anche lo spirito che caratterizza l'importante sforzo multilaterale della prima Conferenza internazionale sulla transizione dai fossili a Santa Marta promossa da Colombia e Paesi Bassi, una piattaforma che ha, al momento, coinvolto 57 Paesi più l'UE e 1.500 esperti da accademia e società civile. Il lavoro di questa conferenza, che si ripeterà a Vanuatu nel 2027, punta a sostenere gli Stati (o le regioni) nello sviluppo di una propria *roadmap* di uscita dalle fonti fossili. I grandi obiettivi globali vengono così tradotti in obiettivi nazionali e locali che tengano conto di esigenze specifiche, tra cui quelle di Paesi produttori di idrocarburi che intendono realizzare una transizione che converta, non distrugga, le proprie economie (è il caso della stessa Colombia). Le *roadmap* saranno sviluppate tenendo conto dei *Nationally Determined Contribution* (NDC), quindi in modo complementare rispetto al lavoro dell'IPCC e delle COP, e con la consulenza di un pre-

22 Interessante in quest'ambito "Clima ingiusto. Il welfare per un patto eco-sociale" di Giovanni Carrosio e Vittorio Cogliati Dezza, pubblicato da Donzelli nel 2025.

stigioso *panel* scientifico *ad hoc*. Un processo che include diversi Paesi, società civile e scienziati, con un approccio pragmatico orientato alla pianificazione concreta, riprendendo il “*transitioning away from fossil fuels*” della COP28 di Dubai e l’obiettivo della *roadmap*, al singolare, fallito alla COP 30 di Belém (Signorelli, Zanini 2026).

Dinanzi al potere e ai modelli politici ed energetici diversi e per molti aspetti opposti, rappresentati da Stati Uniti e Cina, l’Europa ha le competenze e i mezzi

per rappresentare un modello diverso.

Il potere della cooperazione, espresso nei tavoli di lavoro, negli accordi tra medie potenze e nella *governance* multilaterale, è il solo che possa tenere assieme tanti aspetti cruciali, più interdipendenti di quanto appaiano, dalla tecnologia alle disuguaglianze.

Serve lavoro di relazione, cura e cucitura per avere una visione davvero di lungo periodo che riesca a superare e a disinnescare le contraddizioni del nostro tempo.

Anche per innovare.

CAPITOLO 7

LAVORI VERDI: COMPETENZE E PROFESSIONI
PER LA DECARBONIZZAZIONE

7.1. INTRODUZIONE

Gli anni Venti del XXI secolo si sono aperti all'insegna di shock economici a catena. Il cammino verso una globalizzazione sempre più pervasiva, accompagnato dalla rivoluzione digitale, era già stato incrinato dalla Grande recessione – innescata negli Stati Uniti nel 2007-2008 dalla crisi dei mutui subprime e propagatasi a livello globale fino a saldarsi, in Europa, con la crisi dei debiti sovrani conclusasi attorno al 2013. A questo trauma si è aggiunta la pandemia da Covid-19, con le conseguenti interruzioni delle catene di approvvigionamento, l'impennata dei prezzi energetici e il ritorno dell'inflazione, e infine una crescente instabilità geopolitica, dalla guerra in Ucraina alle tensioni in Medio Oriente. Sullo sfondo, una crescita economica globale che continua ad alimentare le emissioni di gas a effetto serra.

Il quadro congiunturale conferma questa fragilità strutturale. Nel World Economic Outlook di aprile 2026 il Fondo Monetario Internazionale ha rivisto al ribasso la crescita globale al 3,1% per il 2026 e al 3,2% per il 2027 – un ritmo inferiore sia al 3,4% circa del biennio 2024-2025 sia alla media storica del 3,7% registrata nel periodo 2000-2019 – mentre l'inflazione è stata rivista al rialzo al 4,4% per il 2026, per effetto soprattutto dei rincari di energia e beni alimentari legati al conflitto in Medio Oriente. I rischi restano orientati al ribasso: in uno scenario di escalation con danni alle infrastrutture energetiche della regione, il Fondo stima una crescita globale intorno al 2% e un'inflazione oltre il 6%, con i Paesi emergenti e in via di sviluppo colpiti in misura quasi doppia rispetto alle economie avanzate. L'energia, ancora una volta, si conferma lo snodo critico che lega congiuntura economica e questione climatica.

Nonostante l'allerta scientifica fosse stata lanciata da decenni, solo in tempi relativamente recenti il cambiamento climatico è diventato una priorità per l'opinione pubblica e i decisori politici, che hanno risposto

con programmi di ampio respiro come il PNRR, il Green Deal europeo e l'Inflation Reduction Act statunitense. Oggi, tuttavia, la traiettoria di queste politiche appare meno lineare. Negli Stati Uniti la nuova amministrazione ha ritirato il Paese dall'Accordo di Parigi e ha ridimensionato gli incentivi dell'IRA; in Europa il Green Deal è stato ricalibrato attraverso il Clean Industrial Deal, che ne sposta il baricentro verso la competitività industriale e la semplificazione normativa, mentre il PNRR si avvia a conclusione e quote crescenti di risorse pubbliche vengono dirottate verso sicurezza e difesa. Alcuni pilastri restano però operativi – il meccanismo CBAM è entrato in vigore il 1° gennaio 2026 e il Fondo sociale per il clima mobiliterà circa 86,7 miliardi di euro nel periodo 2026-2032 – e la Cina continua a investire massicciamente nelle tecnologie pulite. In altre parole, alcune tendenze di fondo sono ormai innescate e un dietrofront completo rispetto agli impegni assunti appare improbabile, almeno per alcuni blocchi di Paesi. Vale dunque la pena monitorare il fenomeno delle competenze verdi e dei lavori verdi, per comprenderne le dinamiche.

La transizione energetica richiede il coinvolgimento di tutti gli attori sociali: alle aziende energetiche spetta il ruolo di guida, ma anche i consumatori hanno una funzione cruciale. Come cittadini partecipiamo alla transizione in due modi:

1. in qualità di consumatori, riducendo e rendendo più sostenibili i consumi energetici quotidiani, privilegiando riuso e riciclo e minimizzando gli sprechi;
2. come lavoratori, adottando comportamenti sostenibili nei luoghi di lavoro e contribuendo a ridurre l'impatto ambientale delle attività produttive.

Analogamente a quanto accaduto con internet e con la globalizzazione, la transizione energetica sta trasformando il mercato del lavoro, generando nuovi fabbisogni per le aziende, alla ricerca di capitale umano capace di affrontare le sfide climatiche.

Secondo il Centro europeo per lo sviluppo della formazione professionale (CEDEFOP), la definizione di competenze verdi è duplice. In senso ampio, le competenze per la transizione verde comprendono abilità, conoscenze, capacità, valori e atteggiamenti necessari per vivere, lavorare e agire in economie e società sostenibili ed efficienti nell'uso delle risorse. Esse possono essere:

- tecniche: necessarie per adattare o implementare standard, processi, servizi, prodotti e tecnologie volti a proteggere gli ecosistemi e la biodiversità e a ridurre il consumo di energia, materiali e acqua;
- trasversali: legate al pensiero e all'agire sostenibile, rilevanti tanto per il lavoro (in tutti i settori economici e le occupazioni) quanto per la vita.

7.2. IL QUADRO GLOBALE ED EUROPEO

Per inquadrare le dinamiche globali della domanda di competenze verdi, una delle fonti più ricche è il Green Skills Report di LinkedIn, costruito sui profili e sulle assunzioni di circa un miliardo di iscritti in 84 Paesi. L'edizione 2025 fotografa una transizione che prosegue, ma a un ritmo in rallentamento: la quota di lavoratori con almeno una competenza verde nel proprio profilo ha raggiunto il 17,6% a livello globale (era il 15,2% nel 2021), con una crescita del 4,3% nell'ultimo anno, in decelerazione rispetto al +5,5% dell'anno precedente. Il dato più rilevante riguarda tuttavia il divario tra domanda e offerta: nell'ultimo anno la quota di assunzioni verdi è cresciuta a un ritmo quasi doppio rispetto alla diffusione delle competenze verdi nella forza lavoro (+7,7% contro +4,3%), un andamento che si ripete ormai da tre rilevazioni consecutive. Coerentemente, chi possiede competenze verdi gode di un vantaggio competitivo tangibile: il tasso di assunzione del bacino di talenti verdi è superiore del 46,6% a quello della forza lavoro complessiva.

Si sono confrontate, per ciascun settore, la quota di assunzioni verdi registrata nel 2025 con la concentrazione di talenti verdi già presente nella forza lavoro del settore stesso (Tab. 7.1). Il dato più eloquente è che in tutti i settori, senza eccezioni, la prima supera la seconda: ogni comparto sta cercando di accrescere la propria dotazione di capitale umano verde oltre i livelli attuali. In testa alla graduatoria si collocano le Utilities (33% di assunzioni verdi a fronte di una concentrazione del 30%), che includono la generazione di energia rinnovabile, seguite da settori tradizionalmente energivori o esposti alla transizione come petrolio, gas e miniere, costruzioni e agricoltura, tutti sopra il 30%. In coda figurano invece commercio al dettaglio, servizi finanziari e sanità, con quote di assunzioni verdi comprese tra il 12% e il 13%: un ritardo significativo se si considera, nel caso della finanza, il ruolo cruciale del settore nel mobilitare capitali per la transizione e nel prezzare i rischi climatici.

Due ulteriori evidenze meritano attenzione. La prima è che, per la prima volta, i lavoratori con competenze verdi inseriti in ruoli non esplicitamente *green* costituiscono la maggioranza (53%) delle assunzioni verdi complessive: le competenze verdi si stanno diffondendo come competenze trasversali, associate a efficienza, resilienza e adattabilità, e non più come dotazione di nicchia dei soli comparti esplicitamente dedicati alla sostenibilità. La seconda riguarda il settore Tecnologia, Informazione e Media che, pur partendo da una concentrazione tra le più basse (13%), registra la crescita più rapida della quota di assunzioni verdi (11,3% medio annuo nel periodo 2021-2025), trainata dalla necessità di gestire l'intensità energetica dell'intelligenza artificiale e dei data center.

La distribuzione delle competenze verdi non è omogenea nemmeno sul piano geografico, come dimostra il tasso di crescita medio annuo composto (CAGR) della concentrazione di talenti verdi nel periodo 2021-2025 per un campione di economie avanzate ed emergenti (Fig. 7.1). I ritmi di crescita

Tab. 7.1: Quota di assunzioni per lavori verdi e concentrazione di risorse umane con competenze verdi, per settore (2025)

Fonte: LinkedIn Green Skills Report 2025 (2025)

Settore	Quota di assunzioni verdi (2025)	Concentrazione di talenti verdi (2025)
Utilities	33%	30%
Petrolio, Gas e Miniere	33%	27%
Costruzioni	32%	27%
Agricoltura, Allevamento e Silvicultura	32%	25%
Servizi ai Consumatori	23%	22%
Istruzione	23%	19%
Manifattura	22%	19%
Servizi Professionali	19%	19%
Pubblica Amministrazione	19%	18%
Commercio all'Ingrosso	18%	15%
Servizi Immobiliari e Noleggio Attrezzature	17%	15%
Trasporti, Logistica, Supply Chain e Magazzinaggio	17%	14%
Servizi Amministrativi e di Supporto	15%	14%
Tecnologia, Informazione e Media	15%	13%
Intrattenimento	15%	13%
Ristorazione e Ospitalità	14%	12%
Ospedali e Sanità	13%	11%
Servizi Finanziari	13%	11%
Commercio al Dettaglio	12%	10%

più sostenuti si osservano nelle economie emergenti: Arabia Saudita (6,9%), Kenya (5,9%), Brasile (5,7%), Indonesia (5,6%) e India (4,3%) crescono tutte a tassi superiori a quelli delle economie avanzate, che si collocano in una fascia compresa tra il 3,2% della Germania e il 3,8% della Francia, con Stati Uniti (3,6%), Canada (3,5%), Regno Unito e Australia (3,4%) in posizione intermedia. Si tratta di un segnale di convergenza interessante, che riflette sia gli ambiziosi programmi di sviluppo delle rinnovabili in

molte economie emergenti, sia il punto di partenza più basso di alcune di esse. Va tuttavia sottolineato che il ritmo complessivo di crescita delle competenze verdi (3,4% medio annuo a livello globale nel periodo) è giudicato dallo stesso rapporto insufficiente rispetto alla domanda attesa: secondo le stime citate, in assenza di un’accelerazione degli investimenti in formazione, una quota rilevante della domanda futura di talenti verdi – fino alla metà secondo alcune analisi – rischia di rimanere insoddisfatta.

Fig. 7.1: CAGR 2021-2025 nella concentrazione di risorse umane con competenze verdi

Fonte: LinkedIn Green Skills Report 2025 (2025)

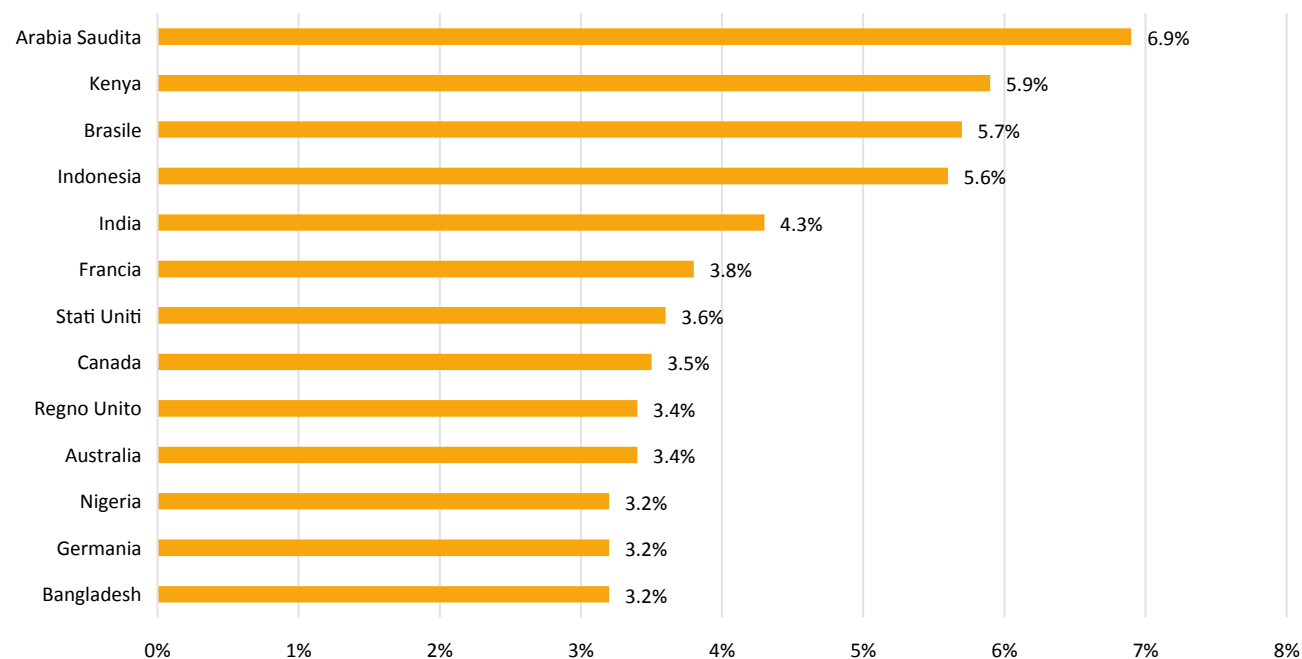
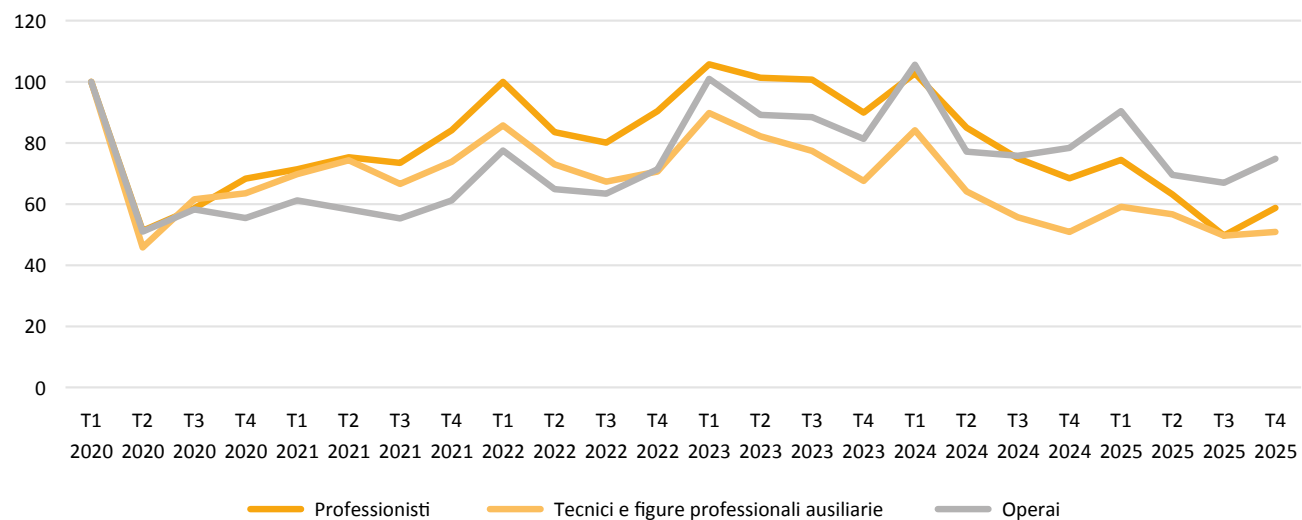


Fig. 7.2: Annunci di lavoro online nel settore delle energie rinnovabili e nelle professioni correlate nell'UE, trimestre base T1 2020=100 (T1 2020-T4 2025)

Fonte: CEDEFOP (2026)

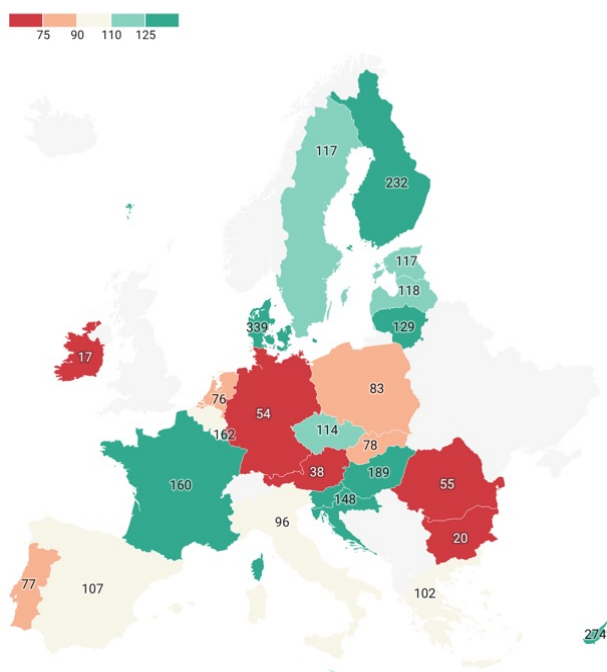


Spostando l'attenzione sull'Unione Europea, si riportano i dati relativi agli annunci di lavoro online (OJA) raccolti dallo strumento Skills-OVATE del CEDEFOP, con riferimento al settore delle energie rinnovabili e alle professioni a esso correlate. Si tratta di una fonte complementare alle indagini campionarie: gli annunci online intercettano la domanda espressa in tempo quasi reale e con elevata granularità, pur risentendo del diverso grado di diffusione del recruiting digitale tra Paesi e professioni.

La serie dell'andamento trimestrale degli annunci di lavoro online per le professioni delle energie rinnovabili nell'UE (indicizzato al primo trimestre del 2020, base 100) riflette le tre fasi che hanno caratterizzato il quinquennio: alla contrazione legata alla pandemia è seguita una vigorosa espansione nel biennio 2021-

Fig. 7.3: Annunci di lavoro online nel settore delle energie rinnovabili e nelle professioni correlate per Stato membro, trimestre base T1 2020=100 (2025)

Fonte: CEDEFOP (2026)

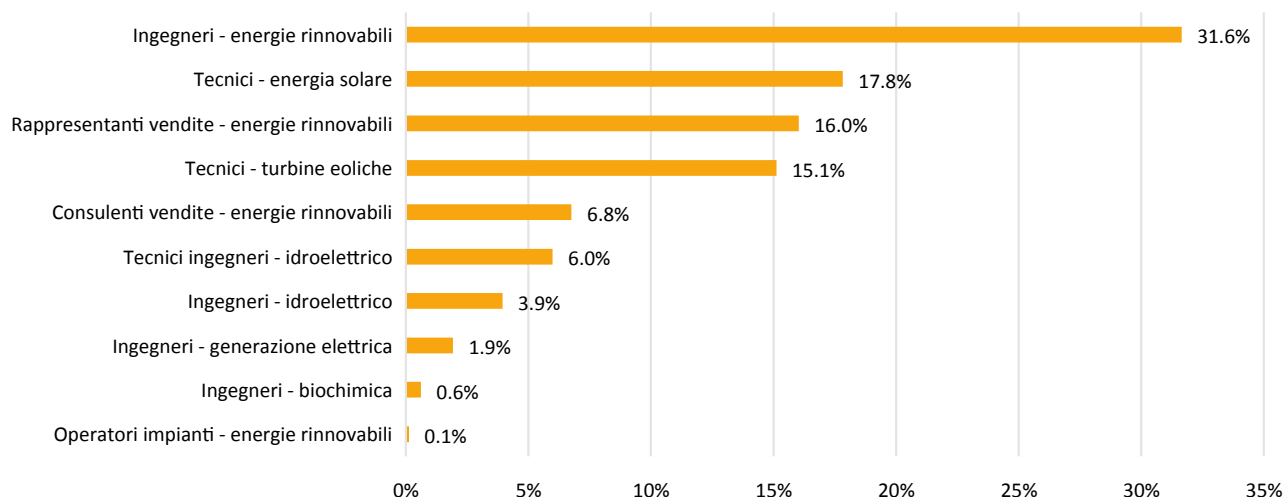


2022, sospinta dalla ripresa post-Covid e poi dalla crisi energetica innescata dall'invasione russa dell'Ucraina, che con il piano REPowerEU ha trasformato la diffusione delle rinnovabili anche in una questione di sicurezza dell'approvvigionamento. Dal 2023 si osserva invece un progressivo raffreddamento, coerente sia con il rallentamento generale del mercato europeo degli annunci online, sia con l'aumento dei costi di finanziamento che ha penalizzato gli investimenti nel comparto, fino ai valori registrati a fine 2025. Nel confronto tra 2020 e 2025, le figure professionali che hanno risentito meno del calo di annunci sono gli operai, sebbene la diminuzione nel numero di annunci sia diffusa per tutte e tre le categorie di mestieri, che registrano una media dell'indice di 61,5 a fronte di un valore di 100 del primo trimestre 2020. La dinamica aggregata, tuttavia, nasconde traiettorie nazionali profondamente divergenti.

L'eterogeneità tra Stati membri è infatti notevole. A un estremo, Danimarca (indice 339), Cipro (274) e Finlandia (232) hanno più che raddoppiato – e in alcuni casi più che triplicato – i volumi di annunci rispetto a inizio 2020; bene anche l'area baltica (Estonia, Lettonia e Lituania tra 117 e 129), la Svezia (117) e, tra le grandi economie, Belgio (162) e Francia (160), quest'ultima sostenuta anche dal rilancio del programma nucleare ed elettrico. All'estremo opposto, Irlanda (17), Bulgaria (20), Austria (38), Germania (54) e Romania (55) segnano contrazioni marcate: nel caso tedesco pesa il più generale ripiegamento del mercato degli annunci online dopo il picco post-pandemico, oltre alla crisi della filiera industriale legata all'energia. L'Italia, con un indice pari a 96, si colloca appena sotto i livelli pre-pandemici: un risultato di sostanziale stazionarietà che contrasta con gli ambiziosi obiettivi di installazione di capacità rinnovabile previsti dal PNIEC e che suggerisce come il collo di bottiglia delle competenze rischi di manifestarsi proprio nella fase di accelerazione attesa nei prossimi anni. Nella lettura del dato va comunque considerato

Fig. 7.4: Incidenza percentuale di annunci di lavoro online nel settore delle energie rinnovabili e nelle professioni correlate nell'UE, per professionalità richiesta (T4 2025)

Fonte: CEDEFOP (2026)

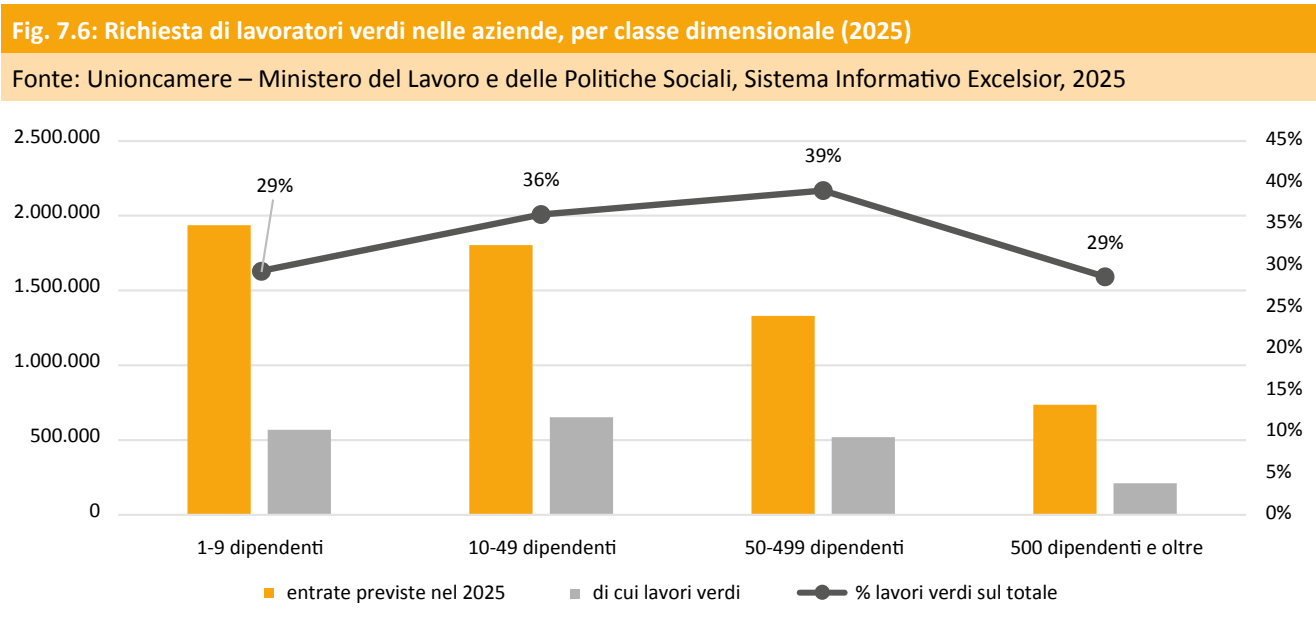
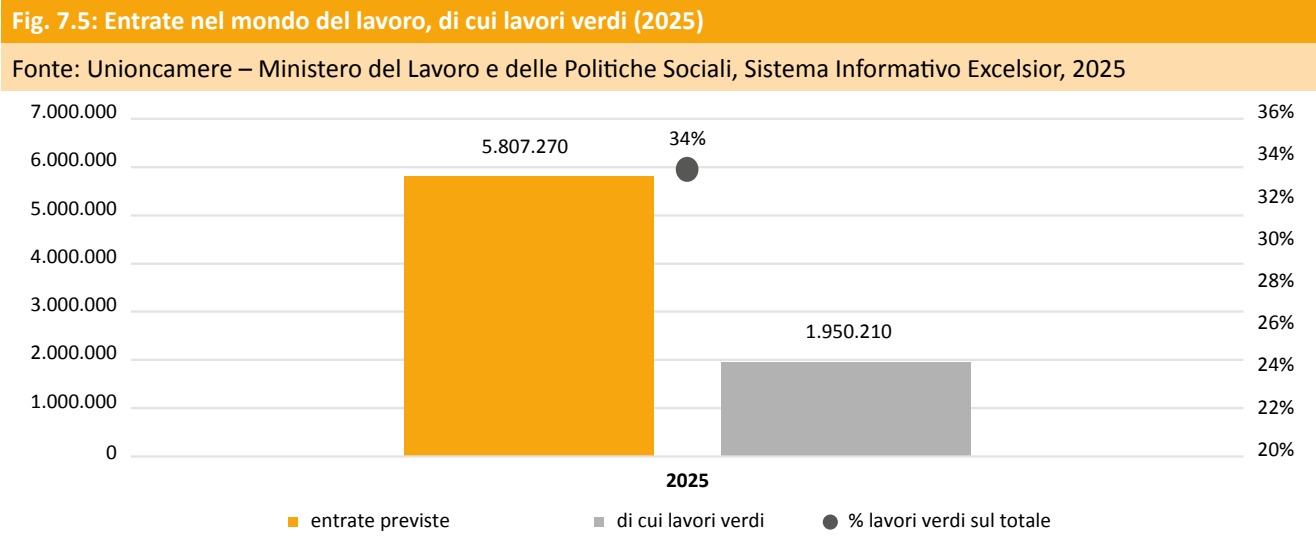


che l'indice misura i flussi di annunci online, sensibili anche al grado di digitalizzazione dei canali di reclutamento di ciascun Paese.

La domanda della filiera delle rinnovabili si concentra su figure tecnico-ingegneristiche e operative: ingegneri elettrotecnici, energetici e ambientali sul versante della progettazione; tecnici e conduttori di impianti per la produzione di energia sul versante dell'esercizio; elettricisti, installatori e manutentori sul versante della messa in opera. È una composizione che conferma il carattere prevalentemente tecnico delle competenze richieste dalla filiera ma che non esaurisce il fabbisogno: come emerge anche dalle evidenze globali, attorno al nucleo tecnico cresce la domanda di profili commerciali, gestionali e di supporto capaci di operare con cognizione di causa in un settore in rapida espansione. Per il sistema formativo, l'implicazione è duplice: rafforzare i percorsi tecnico-professionali (ITS in primis) e, al tempo stesso, integrare contenuti di sostenibilità ed energia nei percorsi generalisti.

7.3. LAVORI E COMPETENZE VERDI NEL TERRITORIO ITALIANO

Per il contesto italiano la fonte di riferimento è il Sistema Informativo Excelsior di Unioncamere e Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, la cui indagine 2025 sulle competenze verdi – estesa per la prima volta anche al settore primario – rileva sia la domanda di lavori verdi, ossia delle professionalità che per le proprie competenze si interfacciano più attivamente con le tecnologie della *green economy*, sia la propensione delle imprese a investire in competenze verdi. Nel 2025 le imprese italiane hanno programmato complessivamente 5.807.270 entrate, di cui 1.950.210 Green jobs, pari al 33,6% del totale (Fig. 7.5). Il dato risente dell'inclusione del settore primario, al quale sono attribuite 431.510 entrate di cui 109.070 verdi (il 25,3%): al netto di agricoltura, silvicoltura, caccia e pesca, industria e servizi esprimerebbero insieme una quota di lavori verdi del 34,2%. La domanda di lavoratori verdi varia con la dimensione d'impresa, disegnando un profilo a campana: le classi

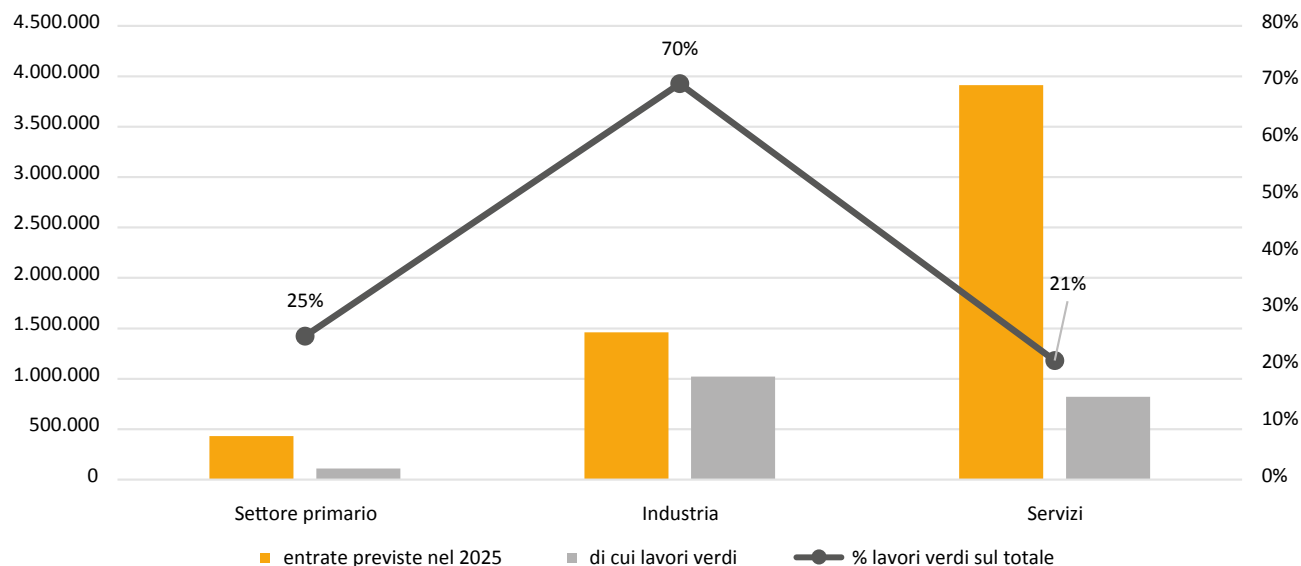


intermedie sono le più dinamiche, con un’incidenza di lavori sul totale delle entrate del 39% nelle imprese da 50 a 499 dipendenti e del 36% in quelle da 10 a 49 dipendenti, entrambe sopra la media nazionale. Le microimprese (1-9 dipendenti, 29%) e le grandi imprese con 500 e più dipendenti (29%) si collocano invece sotto la media. Il dato riflette la composizione settoria-

le delle classi dimensionali – nelle fasce intermedie si concentra il cuore manifatturiero e delle costruzioni, dove la penetrazione dei lavori verdi è massima, mentre le grandi imprese sono relativamente più presenti nei servizi – e risulta estremamente stabile nel tempo: rispetto al 2024 nessuna classe registra variazioni superiori al mezzo punto percentuale.

Fig. 7.7: Lavori verdi nelle aziende, per settore (2025)

Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025

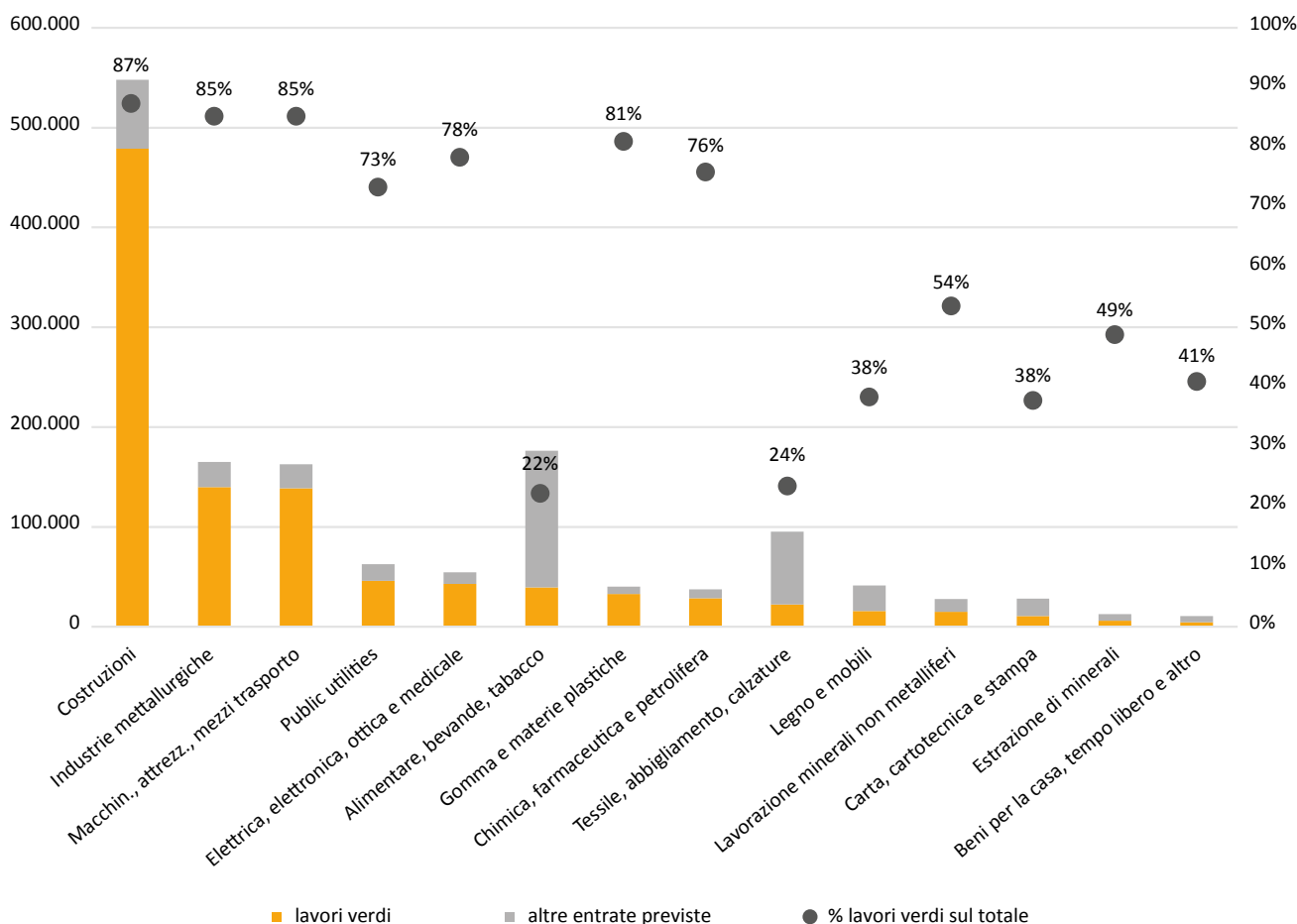


La disaggregazione per macrosettore (Fig. 7.7) evidenzia il netto primato dell'industria in termini di lavori verdi offerti. Nel comparto industriale i lavori verdi rappresentano il 70% delle entrate complessive, percentuale sensibilmente più elevata del 25% nel settore primario— in crescita dal 21,1% del 2024 – e del 21% dei servizi. Ne deriva una marcata asimmetria tra contributo alla domanda di lavoro complessiva e contributo ai lavori verdi: l'industria genera appena il 25% delle entrate totali ma concentra il 52% dei lavori verdi, mentre i servizi, che esprimono il 67% delle entrate, ne assorbono solo il 21%. L'asimmetria è in larga parte definitoria: i lavori verdi identificano professionalità attivamente coinvolte nella produzione e nell'implementazione di tecnologie e processi della *green economy*, attività che caratterizzano le filiere industriali; nei servizi la transizione si traduce piuttosto nell'adozione di regole e prassi sostenibili, con una domanda più orientata alle competenze verdi diffuse che a figure professionali dedicate. All'interno dell'industria (Fig. 7.8) spiccano i comparti

più direttamente investiti dalle normative ambientali – a partire dal sistema ETS – e quindi impegnati in prima linea nella transizione: le costruzioni guidano la graduatoria in termini di incidenza di lavori verdi con l'87% di lavori verdi sulle entrate del comparto, seguite dalla metallurgia e prodotti in metallo (85%), dalla fabbricazione di macchinari, attrezzature e mezzi di trasporto (85%), dalla gomma e materie plastiche (81%), dalle industrie elettriche, elettroniche, ottiche e medicali (78%), dalla chimica, farmaceutica e petrolifera (76%) e dalle public utilities (73%). Le costruzioni, oltre al primato relativo, esprimono anche il maggior contributo assoluto: con 478.840 entrate verdi rappresentano da sole quasi un quarto dei lavori verdi nazionali, a testimonianza del ruolo trainante dell'efficientamento del patrimonio edilizio e del ciclo di investimenti infrastrutturali sostenuto dal PNRR. In coda alla graduatoria si collocano invece le industrie alimentari (22%) e il tessile-abbigliamento (24%), comparti dove la trasformazione sostenibile incide più sui processi che sulle figure professionali richieste.

Fig. 7.8: Lavori verdi nell'industria, per comparto (2025)

Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025



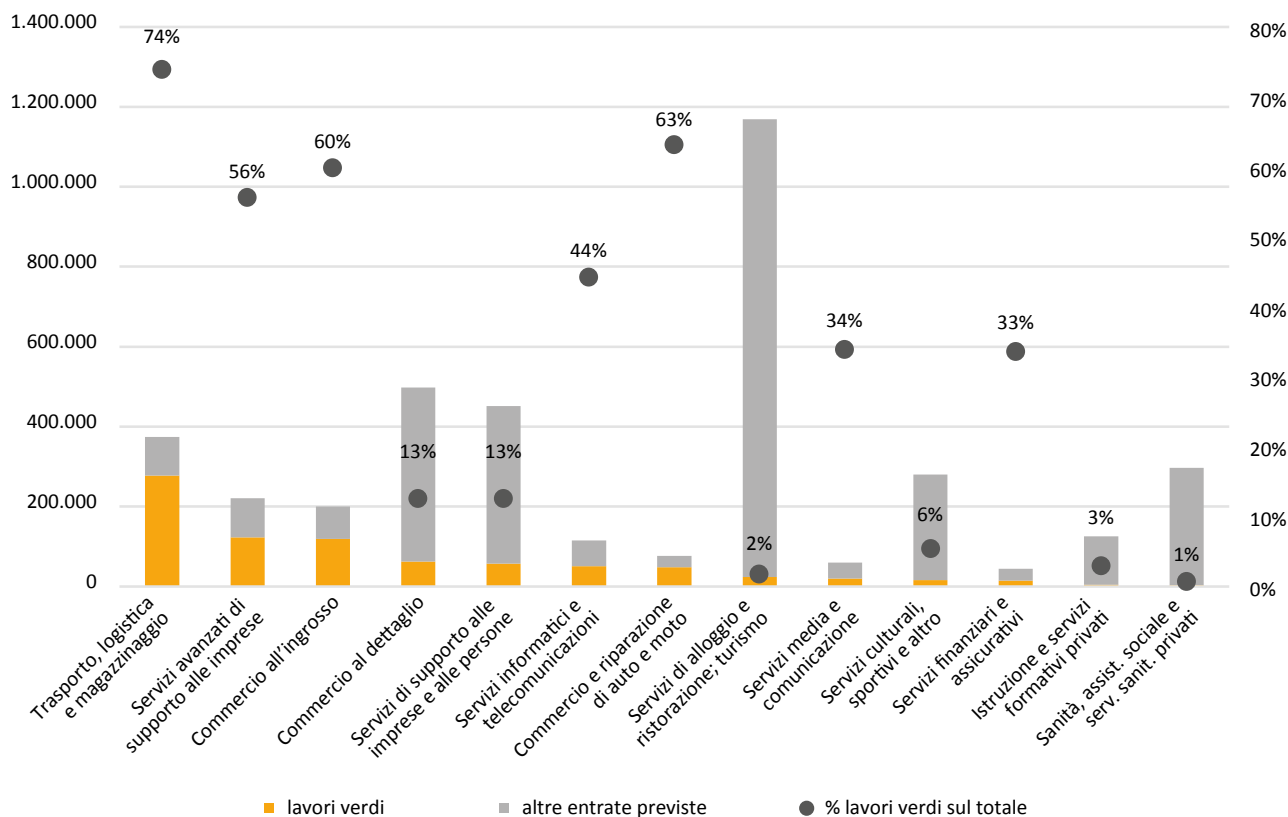
Anche nei servizi (Fig. 7.9) la distribuzione è fortemente polarizzata. Cinque comparti superano la media nazionale: i servizi di trasporto, logistica e magazzinaggio (74%, con 277.070 entrate verdi il principale serbatoio di Green jobs del terziario), il commercio e riparazione di autoveicoli e motocicli (63%), il commercio all'ingrosso (60%), i servizi avanzati di supporto alle imprese (56%) e i servizi informatici e delle telecomunicazioni (44%). Si tratta dei segmenti del terziario più integrati nelle catene del valore industriali e nella loro decarbonizzazione – logistica e

distribuzione in primis – o coinvolti, come l'ICT e la consulenza, nella convergenza tra transizione verde e digitale. All'estremo opposto, l'incidenza dei lavori verdi è marginale nei servizi di alloggio e ristorazione (2%), nella sanità privata (1%), nell'istruzione privata (3%) e nei servizi culturali e alle persone (6%): comparti nei quali la sostenibilità si manifesta semmai nella domanda di competenze verdi diffuse piuttosto che in profili professionali dedicati.

La geografia dei Green jobs (Fig. 7.10) riflette la specializzazione produttiva dei territori. L'incidenza dei

Fig. 7.9: Lavori verdi nei servizi, per comparto (2025)

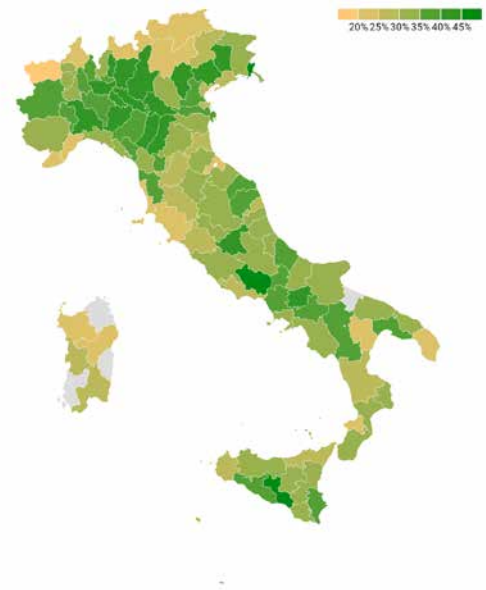
Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025



lavori verdi sulle entrate provinciali oscilla in un intervallo compreso tra circa il 20% e oltre il 45%, con i valori più elevati concentrati nelle province a forte vocazione manifatturiera della pianura padana – in particolare nell’asse che attraversa Piemonte orientale, Lombardia, Emilia e Veneto – coerentemente con il primato del Nord-Ovest tra le ripartizioni (38% di lavori verdi sulle entrate, contro il 33% del Nord-Est, il 32% del Centro e il 31% del Sud e Isole). Punto sopra la media nazionale si osservano peraltro anche in singole province del Centro-Sud, dove pesano le specializzazioni locali nelle costruzioni, nella logistica e nella meccanica, ne è un esempio Frosinone che esprime il massimo di incidenza na-

zionale (47%), mentre i valori più contenuti caratterizzano le province a prevalente vocazione turistica e terziaria, oltre a buona parte della Sardegna, con quest’ultima che presenta la provincia dove si osserva il minimo nazionale (Sassari, 20%). Il quadro conferma che la transizione verde del lavoro non è un fenomeno esclusivamente settentrionale, ma segue la mappa dell’industria e delle filiere più che quella tradizionale del dualismo Nord-Sud: l’incidenza nel Mezzogiorno (31%) resta infatti a soli due punti percentuali dalla media nazionale. Accanto alla domanda di professioni verdi, l’indagine Excelsior misura la propensione delle imprese a investire in competenze verdi: nel 2025 lo fa il 57,2%

Fig. 7.10: Incidenza di lavori verdi sul totale delle entrate nel mondo del lavoro del 2025, per provincia
Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025



Dati non presenti per 5 province italiane

delle imprese italiane, valore che consolida il 57,3% del 2024 e che si associa a una presenza più che proporzionale sul mercato del lavoro, dato che queste imprese attivano il 75% dei contratti complessivi (in crescita dal 73%). Nel 2025 il primato dei comparti industriali con la quota più alta di imprese che investono in competenze verdi passa alle public utilities (70%, in lieve crescita), che scavalcano le costruzioni, scese al 67% dal 71% del 2024; seguono la chimica, farmaceutica e petrolifera (67%), la gomma e materie plastiche (61%) e la fabbricazione di macchinari, attrezzature e mezzi di trasporto (60%), nuova aggiunta tra i cinque comparti più dinamici. Il dato d'insieme dell'industria (61%, dal 64% del 2024) segnala peraltro un'interruzione del trend di crescita che aveva caratterizzato le ultime rilevazioni: un raffreddamento coerente con la fase di incertezza congiunturale e regolatoria descritta in apertura di capitolo, che non intacca però la diffusione ormai strutturale di questi investimenti, riguardanti oltre sei imprese industriali su dieci.

Fig. 7.11: Settori con più alta incidenza di imprese che investono in competenze verdi, per comparto industriale (2025)
Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025

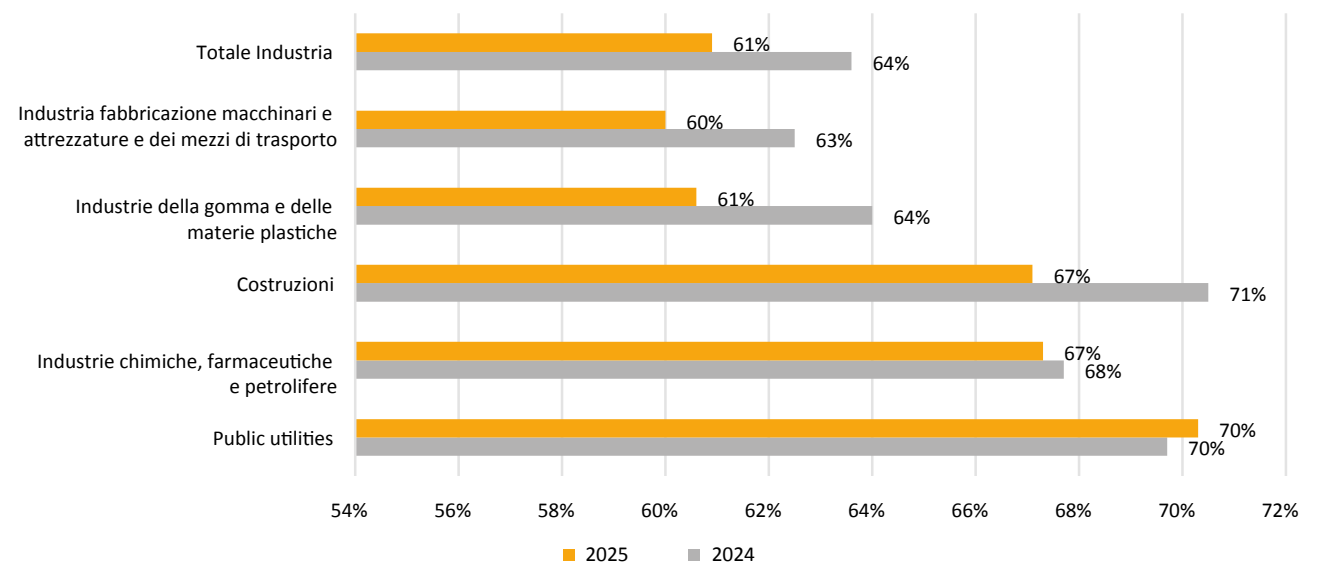
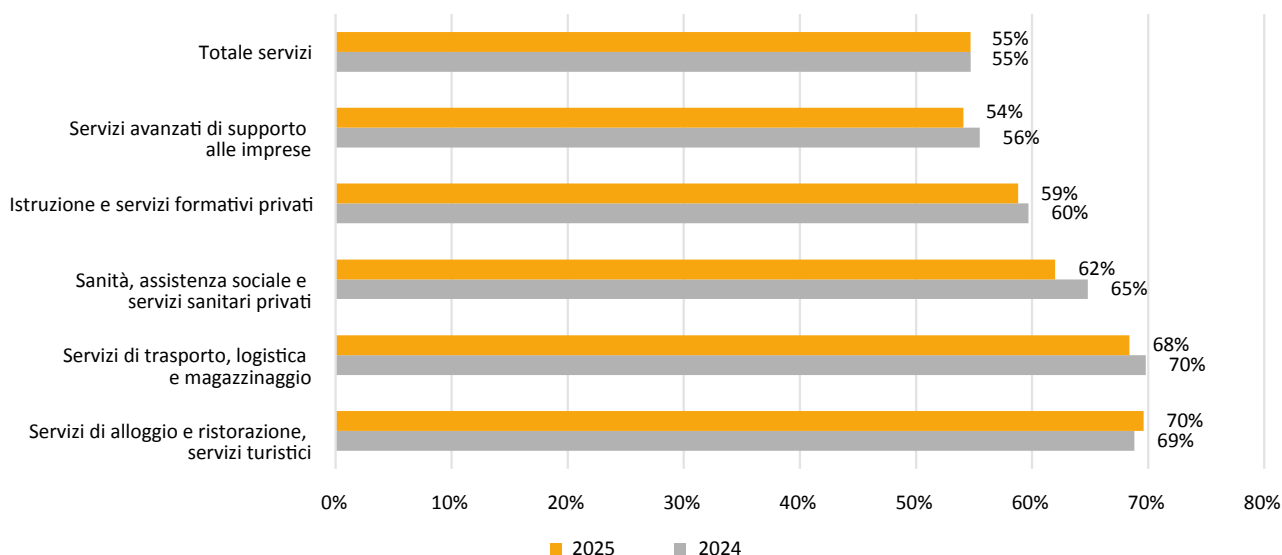


Fig. 7.12: Settori con più alta incidenza di imprese che investono in competenze verdi, per comparto dei servizi (2025)

Fonte: Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Sistema Informativo Excelsior, 2025



Nei servizi (Fig. 7.12) la quota complessiva di imprese che investono in competenze green si attesta al 55%, in linea con la precedente rilevazione, ma con un avvicinamento al vertice: la leadership passa ai servizi di alloggio, ristorazione e turismo (70%, in crescita dal 69%), che superano i servizi di trasporto, logistica e magazzinaggio (68%, in lieve calo dal 70%); seguono la sanità e assistenza privata (62%), l'istruzione e i servizi formativi privati (59%) e i servizi avanzati di supporto alle imprese (54%). Il confronto con la Fig. 7.9 è istruttivo: comparti come il turismo, la sanità e l'istruzione, marginali per incidenza di lavori verdi, risultano invece tra i più attivi negli investimenti in competenze verdi. È la conferma empirica della duplice natura della transizione richiamata commentando i macrosettori: dove la sostenibilità non genera professioni dedicate, passa comunque attraverso la riqualificazione green delle figure esistenti – dal risparmio energetico nelle strutture ricettive alla gestione sostenibile di acquisti e rifiuti. Sul piano territoriale, infine, la propensione a investire in competenze green appare notevolmente omogenea.

7.4. CONSIDERAZIONI FINALI

Le evidenze raccolte in questo capitolo, pur provenendo da fonti e metodologie eterogenee – i profili professionali di LinkedIn, i big data sugli annunci online del CEDEFOP, l'indagine campionaria Excelsior – convergono su alcune conclusioni di fondo. La prima è che la domanda di competenze verdi cresce sistematicamente più in fretta della loro offerta: a livello globale le assunzioni verdi avanzano a un ritmo quasi doppio rispetto alla diffusione delle competenze nella forza lavoro, e in Italia i lavori verdi presentano una difficoltà di reperimento del 53,4%, quasi dieci punti sopra quella delle altre professioni (43,7%). La seconda è che le competenze verdi stanno cambiando natura: da dotazione specialistica di figure dedicate a componente trasversale della professionalità, come dimostrano sia il sorpasso, nei dati LinkedIn, delle assunzioni di profili green in ruoli non green, sia il caso italiano dei settori – turismo, sanità, istruzione – che investono intensamente in competenze verdi pur esprimendo pochissimi Green jobs.

La terza conclusione riguarda la tenuta del fenomeno rispetto al mutato clima di policy. Il 2025 ha mostrato segnali di raffreddamento – la decelerazione della crescita dei talenti verdi a livello globale, la flessione degli annunci nelle rinnovabili in diverse economie europee, l'interruzione del trend di crescita degli investimenti in competenze green nell'industria italiana – coerenti con l'incertezza congiunturale e con la ricalibratura delle politiche climatiche descritte in apertura. Ma si tratta, appunto, di un rallentamento e non di un'inversione: in Italia un'entrata su tre resta un lavoro verde, quasi sei imprese su dieci investono in competenze verdi

e tali imprese attivano i tre quarti dei contratti. Per il sistema formativo e per le politiche attive del lavoro l'implicazione è netta: il collo di bottiglia della transizione si sta spostando dal capitale finanziario al capitale umano. Rafforzare i canali tecnico-professionali – a partire dagli ITS Academy, dove l'incidenza dei Green jobs sulle entrate raggiunge già il 59% – integrare i contenuti di sostenibilità in tutti i percorsi e presidiare con strumenti di monitoraggio adeguati l'evoluzione della domanda sono le condizioni perché il fabbisogno di competenze non diventi il principale vincolo alla decarbonizzazione del sistema produttivo.

CAPITOLO 8

CATTURA, STOCCAGGIO E UTILIZZO DELLA CO₂
IN ITALIA

**8.1. IL CONTRIBUTO DI CCS E CCUS
ALLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI**

Il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, obiettivo cardine delle politiche europee e nazionali di decarbonizzazione, richiede una riduzione drastica e progressiva delle emissioni di gas a effetto serra in tutti i settori dell'economia. Le emissioni di gas serra prodotte in Unione Europea sono andate diminuendo a partire dal 2015: da 4 miliardi di tonnellate di GHG, sono progressivamente scese, fino a toccare il punto più basso nel 2024, a 3,3 miliardi di tonnellate. Il 2025 ha

però visto complessivamente una modesta risalita delle emissioni, nonostante pochi Stati membri siano riusciti a comprimere ancora la loro quota di GHG. In Italia, nel 2024, le emissioni di GHG ammontano a 363 MtCO₂eq (fonte ISPRA), un dato che, se confrontato con la traiettoria necessaria a raggiungere gli obiettivi del PNIEC al 2030 e la neutralità climatica al 2050, evidenzia la necessità di un'azione coordinata su più fronti tecnologici contemporaneamente. Di queste, 298 MtCO₂eq sono riconducibili a CO₂, che compone quindi l'82% del totale delle emissioni. Per oltre il 55% delle emissioni nazionali, ricondu-

Fig. 8.1: Emissioni di gas a effetto serra (GHG), compresa CO₂, in economie selezionate e totale in Unione Europea, in migliaia di tonnellate (2015-2025)

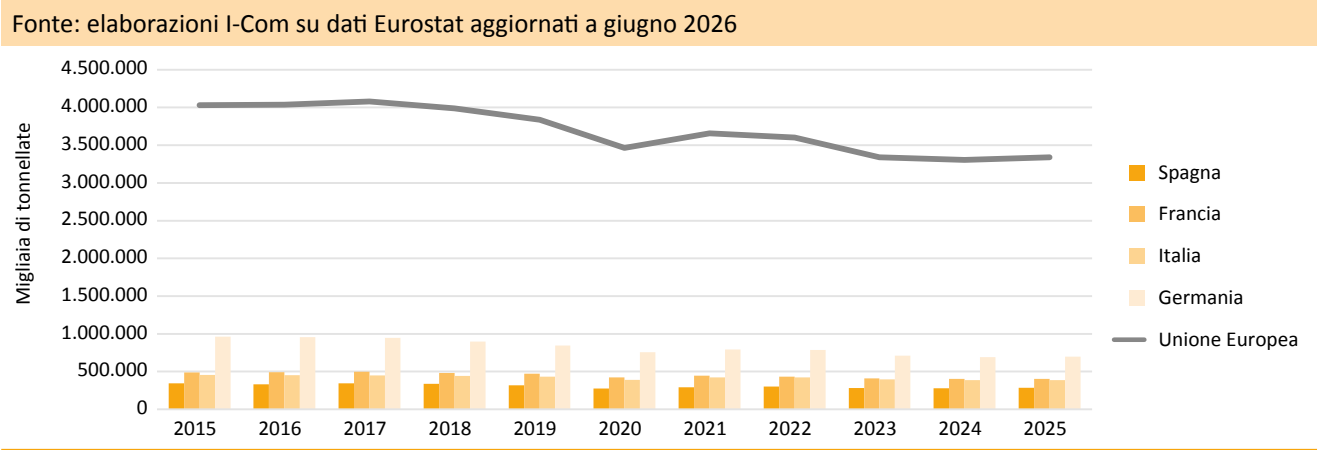
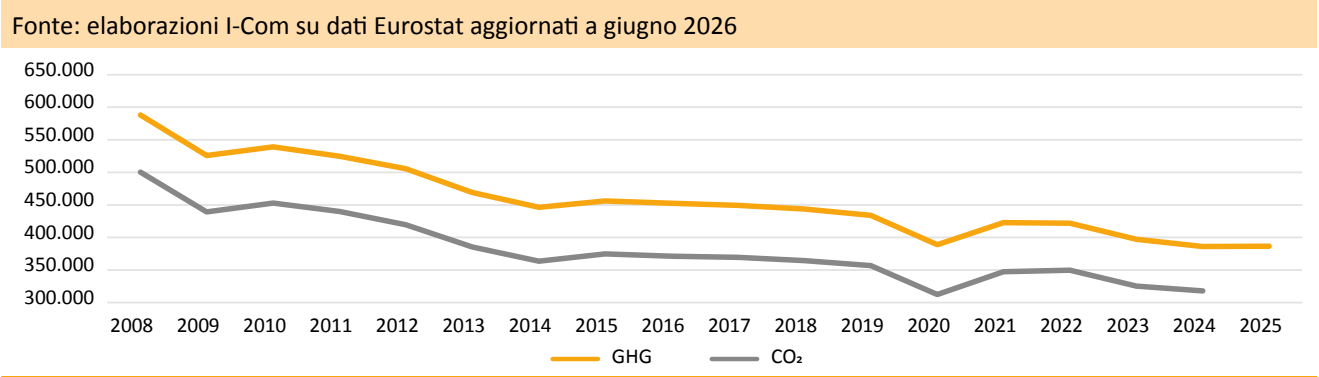


Fig. 8.2: Emissioni di gas a effetto serra (GHG) inclusa CO₂ ed emissioni di CO₂ disaggregate in Italia, in migliaia di tonnellate (2008-2025)



cibili principalmente al settore dei trasporti (112 MtCO₂eq), al civile e al terziario (62 MtCO₂eq), a cui si aggiungono circa 28 MtCO₂eq di emissioni del settore agricolo, prevalentemente sotto forma di altri gas serra diversi dalla CO₂ (metano, protossido di azoto), le leve di decarbonizzazione disponibili sono già relativamente consolidate: l'elettrificazione dei consumi, l'efficienza energetica, la diffusione delle fonti rinnovabili, i combustibili a basse emissioni e, in prospettiva, l'idrogeno verde.

Permane tuttavia una quota rilevante di emissioni nazionali (45%) difficilmente abbattibili attraverso le sole tecnologie convenzionali. Nel 2024, circa 148 MtCO₂eq sono riconducibili alle industrie energetiche (64 MtCO₂eq), alle attività manifatturiere e delle costruzioni (45 MtCO₂eq), ai processi industriali non energetici (20 MtCO₂eq) e al settore dei rifiuti (19 MtCO₂eq). In questi comparti, le emissioni derivano non solo dall'utilizzo di combustibili fossili, ma anche da processi produttivi intrinseci, come nel caso della produzione di cemento, calce, acciaio, chimica e raffinazione, per i quali le soluzioni di decarbonizzazione tradizionali – quali l'elettrificazione o la sostituzione

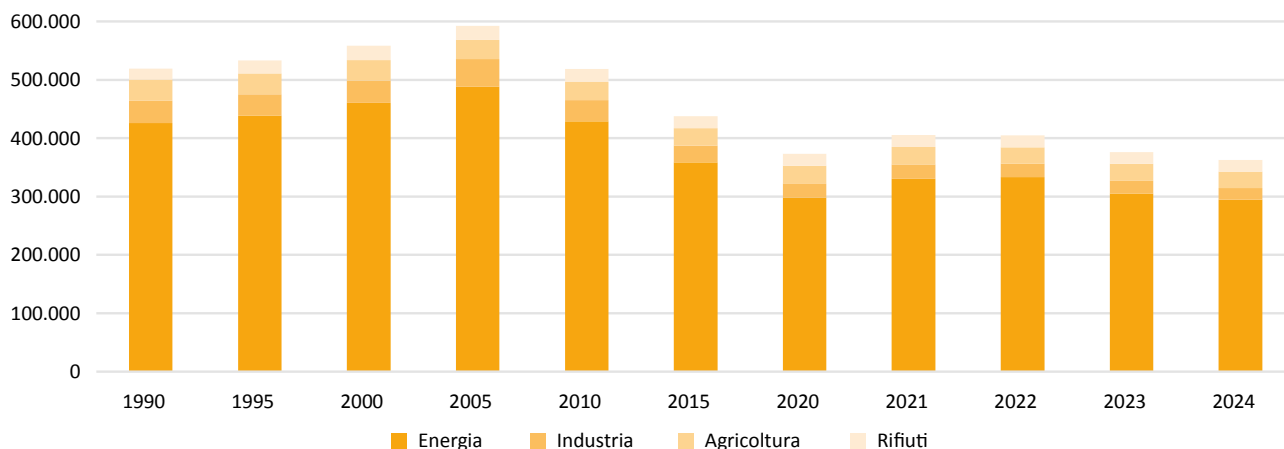
diretta con fonti rinnovabili – risultano spesso insufficienti, tecnicamente non applicabili o economicamente non sostenibili, almeno nell'orizzonte temporale richiesto dagli obiettivi climatici.

Nello specifico, per l'anno 2024, la maggior parte delle emissioni totali di gas serra è attribuibile al settore energetico, con una percentuale dell'81,0%, seguito dall'agricoltura e dai processi industriali, che rappresentano rispettivamente il 7,7% e il 5,5%, mentre i rifiuti contribuiscono alle emissioni totali con il 5,5%. È in questo contesto che si inseriscono la Carbon Capture and Storage (CCS) e la Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) soluzioni tecnologiche che consentono di intercettare l'anidride carbonica prima che venga rilasciata in atmosfera. Il processo si articola in tre fasi principali:

- La cattura, generalmente realizzata tramite separazione della CO₂ dai fumi di combustione o di processo mediante solventi chimici o fisici; sono tuttavia disponibili anche tecnologie alternative, tra cui soluzioni a membrane, processi criogenici e altre opzioni emergenti, il cui utilizzo dipende dalle caratteristiche delle emissioni e dal contesto applicativo;

Fig. 8.3: Emissioni di gas a effetto serra (GHG) inclusa CO₂ in Italia, per settore (1990-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati ISPRA 2026



- Il trasporto, che può avvenire in forma gassosa²³ tramite condotte o in forma liquida tramite navi, treni o autobotti;
- L'utilizzo o lo stoccaggio, quest'ultimo realizzato tramite iniezione in formazioni geologiche idonee a trattenere la CO₂ in modo permanente e sicuro.

Va sottolineato che non si tratta di una tecnologia nuova o sperimentale in senso stretto: i processi di separazione dei gas alla base della cattura sono stati sviluppati fin dalla prima metà del XX secolo nell'industria oil&gas, principalmente per la rimozione delle componenti acide dal gas naturale, e successivamente applicati alla produzione di idrogeno, alla chimica e alla petrolchimica. La loro applicazione ai fumi di combustione con la finalità specifica di evitare le emissioni in atmosfera è più recente, ma si fonda sui medesimi principi tecnologici, già maturi a livello di Technology Readiness Level (TRL 9) per le principali configurazioni impiantistiche.

Il ruolo di CCS e CCUS nel mix delle tecnologie di decarbonizzazione non va inteso come alternativo, ma come strettamente complementare a quello di fonti rinnovabili, elettrificazione ed efficienza energetica. Le analisi condotte a livello nazionale e internazionale confermano infatti che CCS e CCUS si collocano tra le leve di decarbonizzazione più competitive in termini di costo unitario di abbattimento delle emissioni, risultando spesso più efficienti, dal punto di vista dei costi, rispetto a soluzioni come l'idrogeno verde, il biometano o le stesse elettrificazione ed efficienza energetica. Questo è particolarmente vero per i settori cosiddetti Hard-to-abate, ovvero quei comparti industriali (cemento, acciaio, chimica, raffinazione, vetro, ceramica, carta) in cui una quota rilevante delle emissioni deriva non dai consumi energetici, bensì da reazioni chimiche intrinseche al processo produttivo. Il caso emblematico è quello del cemento, dove circa due terzi della CO₂ emessa proviene dalla calcinazione del calcare, una reazione chimica che non può essere evitata tra-

mite elettrificazione o switch del combustibile; analogamente, nella siderurgia il carbonio rappresenta un elemento imprescindibile di alcuni processi metallurgici. Per questi settori, ad oggi, non esistono alternative tecnologicamente ed economicamente altrettanto mature ed efficaci quanto la CCS e la CCUS.

Un ulteriore ambito di applicazione strategica della tecnologia riguarda il settore termoelettrico, dove le tecnologie di cattura sequestro e utilizzo dell'anidride carbonica possono contribuire al bilanciamento e alla sicurezza del sistema elettrico, preservando una quota di capacità di generazione programmabile e a basse emissioni in un contesto caratterizzato da una crescita progressiva e necessaria della quota di fonti rinnovabili non programmabili. Gli impianti termoelettrici dotati di sistemi di cattura, i cosiddetti impianti di "blue power", possono infatti fornire energia elettrica flessibile e dispacciabile senza le emissioni tipiche della generazione fossile tradizionale, rappresentando un complemento essenziale agli accumuli e alle altre soluzioni di flessibilità in fase di sviluppo. Guardando in prospettiva più ampia, la filiera CCUS apre la strada anche a tecnologie capaci di generare emissioni negative, ovvero di sottrarre CO₂ già presente in atmosfera, contribuendo così a ridurre lo stock di emissioni accumulato nel tempo e non solo il flusso di nuove emissioni. Si tratta delle tecnologie BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage), che catturano la CO₂ derivante dallo sfruttamento energetico di biomasse, le quali a loro volta hanno sottratto carbonio dall'atmosfera tramite la fotosintesi, e DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage), che catturano la CO₂ direttamente dall'aria tramite mezzi tecnologici dedicati. Sebbene queste applicazioni si trovino oggi a un livello di maturità tecnologica e di mercato meno avanzato rispetto alla cattura industriale tradizionale, la Industrial Carbon Management Strategy europea ne prevede un ruolo crescente, stimando che entro il

23 Il trasporto in forma gassosa è l'unica opzione in Italia, ma in altri contesti geografici è ammesso anche trasporto in fase liquida.

2040 quasi la metà della CO₂ catturata annualmente nell'Unione Europea dovrebbe provenire da fonti bio-geniche o direttamente dall'atmosfera.

Sulla base di queste considerazioni, tutte le principali organizzazioni internazionali impegnate nella lotta al cambiamento climatico, dall'Unione Europea all'IPCC, dalle Nazioni Unite alla International Energy Agency, riconoscono la CCUS come un elemento imprescindibile di qualsiasi strategia di decarbonizzazione solida e credibile nel medio-lungo periodo, capace di combinare al meglio le diverse soluzioni tecnologiche disponibili in funzione delle specifiche caratteristiche di ciascun settore produttivo. È in questa logica di necessaria complementarità tra le diverse leve di decarbonizzazione che si inseriscono le principali iniziative normative e di policy a livello europeo, dal Net Zero Industry Act alla Industrial Carbon Management Strategy, e il percorso di costruzione di un quadro normativo e regolatorio dedicato avviato anche a livello nazionale.

8.2. L'INNOVAZIONE AL CENTRO: BREVETTI E NORMATIVE IN ITALIA E NEL MONDO

Processi di tipo CCS e CCUS nascono negli anni Settanta negli Stati Uniti: l'anidride carbonica veniva catturata per essere utilizzata nel processo di "recupero migliorato del petrolio". È solo negli anni Novanta che le tecnologie di cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento della CO₂ hanno trovato applicazioni concrete in chiave climatica. Ciò non sarebbe stato possibile senza la ricerca e sviluppo del settore energetico.

Come per i brevetti in ambito energetico e della mobilità elettrificata, la fonte dei dati sui brevetti è il database PatStat versione autunno 2025. I brevetti considerati già nel capitolo uno – in quella sede sommati a formare un'unica categoria – appartengono alla famiglia Y02C, che mappa tecnologie o applicazioni per la mitigazione o l'adattamento ai cambiamenti climatici

nell'ambito di cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG). Oltre alla CCUS, in questa classe CPC sono presenti innovazioni afferenti anche alla cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di altri gas a effetto serra, come protossido di azoto e metano.

A fronte di un numero di brevetti energetici crescente, l'innovazione brevettuale nel campo della cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG), dopo l'accelerazione nei primi anni '10 del ventunesimo secolo, sembra essere arrivata a una stazionarietà. Il picco del 2023 riflette un anno particolarmente prolifico per l'innovazione energetica nel suo complesso e non rappresenta un incremento strutturale nell'incidenza di brevetti per la cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG) sul totale delle innovazioni energetiche, che, di contro, è andata calando nel corso degli anni dopo il picco del 3% osservato negli anni 2013-2016. Nel 2024, ultimo anno di analisi del presente Rapporto, i brevetti nella cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG) rappresentano solamente l'1% dei brevetti energetici complessivi. Nella composizione dei brevetti ripartiti a seconda del gas serra oggetto della cattura non si registrano cambiamenti

Tab. 8.1: I brevetti tecnologici per l'innovazione nella Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG)

Fonte: USPTO (2026)

Descrizione	Codice CPC
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG)	Y02C 20/00
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di protossido di azoto (N ₂ O)	Y02C 20/10
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di metano	Y02C 20/20
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di perfluorocarburi [PFC], idrofluorocarburi [HFC] o esafluoruro di zolfo [SF ₆]	Y02C 20/30
Cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di CO ₂	Y02C 20/40

Fig. 8.4: Brevetti in ambito cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG) (2010-2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat autunno 2025

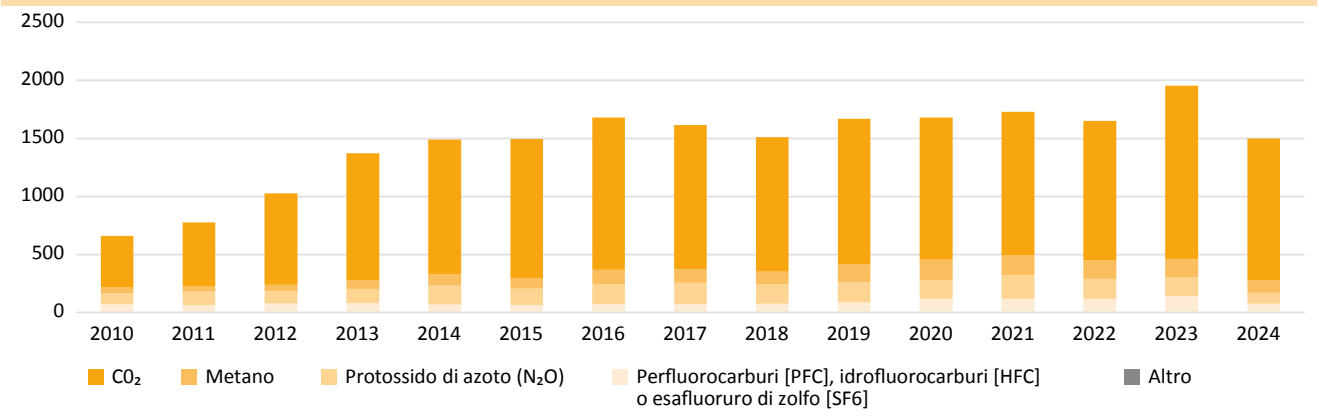
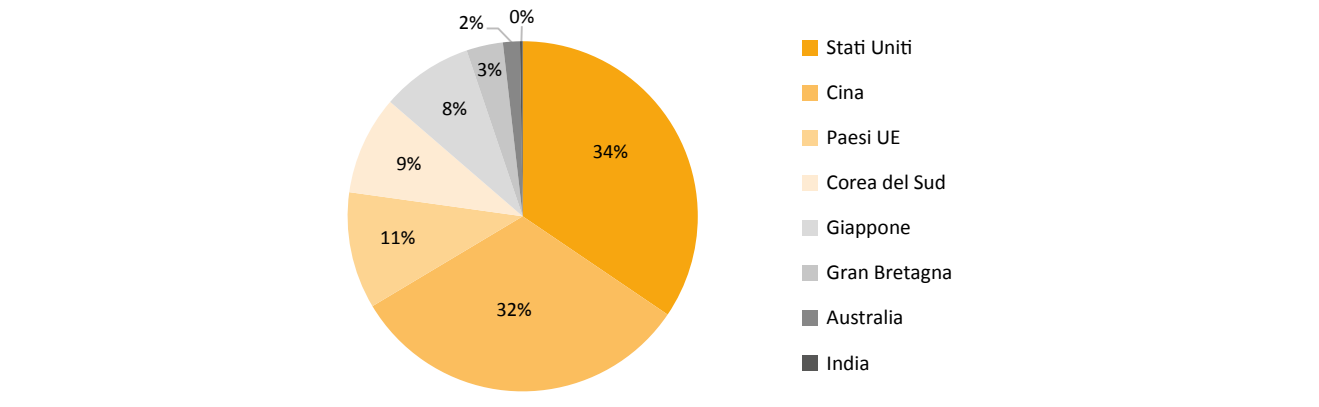


Fig. 8.5: Brevetti in ambito cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento dei gas a effetto serra (GHG), per Paese o gruppo di Paesi (2024)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati PatStat autunno 2025

Note: i paesi UE considerati in questa elaborazione sono Germania, Francia, Italia e Spagna



rilevanti. In media, nel periodo 2010-2024, i brevetti per la CCUS prevalgono nettamente, rappresentando almeno il 75% del totale. Seguono per importanza i brevetti per la cattura, stoccaggio, sequestro o smaltimento di protossido di azoto (N₂O) e poi di metano. I Paesi che nel 2024 hanno mostrato una maggiore propensione a brevettare nel nostro ambito di interesse sono Stati Uniti e Cina, che da soli esprimono il 67% dei brevetti. Il blocco europeo si posiziona dopo,

a considerevole distanza, con l'11% dei brevetti, seguito da Corea del Sud e Giappone. All'interno dei Paesi UE considerati dall'analisi prevale la Francia con il 57% (75 brevetti nel 2024); vengono poi Germania e Italia, con rispettivamente il 23% e il 16% delle innovazioni, chiude la Spagna. Lo sviluppo della filiera CCUS non può prescindere da un quadro normativo e regolatorio adeguato, capace di disciplinare in modo coerente le diverse fasi del-

la catena del valore, dalla cattura al trasporto, fino allo stoccaggio e all'eventuale utilizzo della CO₂. La visione comparata delle esperienze internazionali e del percorso normativo italiano evidenzia approcci differenti, ma convergenti nel riconoscere la necessità di interventi pubblici mirati per superare le attuali barriere allo sviluppo del settore.

A livello europeo, il primo riferimento normativo organico in materia è rappresentato dalla Direttiva 2009/31/CE, nota come "Direttiva CCS", che ha istituito il primo quadro giuridico per lo stoccaggio geologico della CO₂, disciplinando aspetti quali la scelta dei siti, il rilascio delle autorizzazioni, gli obblighi di monitoraggio, la gestione delle fuoriuscite e il trasferimento di responsabilità allo Stato dopo la chiusura del sito. A questa si affianca la Direttiva ETS (UE 2023/959), che prevede l'esenzione dalla restituzione delle quote di emissione per la CO₂ depositata in un sito di stoccaggio o legata chimicamente in modo permanente a un prodotto, fornendo così un incentivo sostanziale alla cattura.

Il quadro si è recentemente arricchito di due strumenti di portata strategica. Il Net Zero Industry Act (Regolamento UE 2024/1735), pubblicato nel giugno 2024, ha fissato per la prima volta un obiettivo vincolante a livello unionale per lo stoccaggio della CO₂, pari a una capacità di iniezione annuale di 50 MtCO₂ entro il 2030, con obblighi di contribuzione a carico dei produttori di petrolio e gas proporzionali alla loro quota di produzione storica. La Industrial Carbon Management Strategy, comunicazione della Commissione europea del febbraio 2024, ha invece delineato un percorso evolutivo articolato in tre fasi temporali: al 2030 lo sviluppo di una capacità di stoccaggio di almeno 50 Mt/anno; al 2040 la maturazione economica delle catene del valore regionali e la nascita di un mercato unico della CO₂; dopo il 2040 l'integrazione piena della gestione del carbonio industriale nell'economia europea. Completano il quadro il Regolamento TEN-E, che ha incluso le reti transfrontaliere di CO₂ tra le infrastrut-

ture ammissibili a finanziamento tramite il Connecting Europe Facility, e l'Innovation Fund, che ha già destinato 2,6 miliardi di euro al portafoglio CCS su un totale di 117 progetti finanziati. Sul piano internazionale, infine, l'emendamento del 2009 al Protocollo di Londra ha sancito la possibilità di esportare CO₂ per lo stoccaggio in formazioni geologiche sottomarine transfrontaliere, sebbene il processo di ratifica proceda a rilento e l'Italia non abbia ancora effettuato la relativa notifica.

Il confronto tra i quadri normativi nazionali evidenzia approcci sostanzialmente differenti. Il Regno Unito ha sviluppato il modello più completo e avanzato a livello europeo, basato su una selezione centralizzata di cluster industriali (i cosiddetti Track 1 e Track 2) e su sei distinti modelli di business strutturati come Contratti per Differenza, differenziati per tipologia di emettitore: dall'Industrial Carbon Capture per gli impianti industriali, al Dispatchable Power Agreement per il settore termoelettrico, fino agli schemi dedicati per l'idrogeno blu e per le emissioni negative.

I Paesi Bassi hanno invece adottato un approccio prevalentemente market-based, con un limitato livello di regolazione pubblica per le attività di trasporto e stoccaggio, lasciate alla libera negoziazione tra le parti, e un meccanismo di incentivazione alla cattura, il sistema SDE++, basato su aste competitive che hanno mobilitato risorse per oltre 11,9 miliardi di euro nell'asta del 2022. La Danimarca ha puntato su una significativa partecipazione statale, anche tramite la società pubblica Nordsøfonden, e su tre fondi dedicati per un totale di circa 5 miliardi di euro, mentre la Francia ha pubblicato una strategia nazionale che prevede una roadmap in tre fasi, fino a raggiungere 30-50 Mtpa di cattura al 2050, sostenuta da Contratti Carbone per Differenza assegnati tramite bandi di gara.

In Italia, fino alla prima metà del 2025, il quadro normativo vigente in materia CCUS risultava sostanzialmente incentrato sul solo stoccaggio geologico della CO₂, disciplinato dal Decreto legislativo 14 settembre

2011, n. 162, di recepimento della Direttiva CCS, che regola le modalità di rilascio delle autorizzazioni, gli obblighi di monitoraggio e gli aspetti relativi alla chiusura e post-chiusura dei siti di stoccaggio. Restavano invece ancora prive di disciplina organica le attività di cattura, trasporto e utilizzo della CO₂, così come la relativa regolazione economica.

Il quadro normativo era stato progressivamente aggiornato attraverso interventi successivi, tra cui il Decreto-legge n. 181/2023, convertito dalla legge n. 11/2024, che ha introdotto disposizioni dirette a completare il quadro abilitante per le autorizzazioni allo stoccaggio, in particolare nei giacimenti di idrocarburi esauriti offshore. Lo stesso decreto ha previsto l'adozione di una Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle reti di trasporto della CO₂, basata sulla norma internazionale ISO 27913 e coordinata con la regola tecnica già vigente per il trasporto del gas naturale, notificata alla Commissione europea nel settembre 2024.

Il confronto con le esperienze internazionali evidenziava come l'Italia presentasse ancora un deficit normativo significativo, in particolare per quanto riguarda la definizione di strumenti di supporto economico alla cattura e la regolazione tecnico-economica dei servizi di trasporto e stoccaggio. Per colmare tale lacuna, il MASE (2025)²⁴ suggeriva il ricorso a una legge delega che consentisse al Governo di definire, tramite uno o più decreti legislativi, gli aspetti di dettaglio relativi alla governance della filiera, all'unbundling tra le attività di cattura e quelle di trasporto e stoccaggio (queste ultime caratterizzate da condizioni di monopolio naturale), alle condizioni di accesso alle infrastrutture da parte di terzi e ai meccanismi di incentivazione, modellati sull'esperienza dei Contratti per Differenza già sperimentati con successo in Regno Unito, Paesi Bassi, Danimarca e Francia.

Il 30 giugno 2025, il Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, ha approvato uno schema di disegno di legge delega volto a definire in modo organico il quadro legislativo della filiera CCUS, intervenendo contestualmente anche sulla regolazione del settore idrogeno e sull'attuazione del Regolamento UE 2024/1787 in materia di emissioni di metano nel settore energetico. Il provvedimento, collegato alla legge di bilancio 2025-2027, è stato trasmesso alle Camere con procedura d'urgenza, nell'intento di accelerarne l'iter e consentire una tempestiva adozione dei successivi decreti attuativi.

Il disegno di legge, identificato come atto S.1836 al Senato, ha avviato il proprio percorso parlamentare nei mesi successivi: il 21 aprile 2026 la Commissione Bilancio del Senato ha sciolto le riserve sul testo, e nelle settimane dell'8-12 e del 15-19 giugno 2026 il provvedimento è risultato all'ordine del giorno delle commissioni di merito per il seguito dell'esame.

Allo stato attuale, dunque, il disegno di legge delega risulta ancora in fase di esame parlamentare al Senato e non ha completato il proprio iter. Di conseguenza, anche i decreti legislativi attuativi, che dovranno definire nel dettaglio la governance della filiera, l'unbundling tra le attività regolate e quelle libere, le condizioni di accesso alle infrastrutture e i meccanismi di incentivazione in conto esercizio e in conto capitale, non sono ancora stati emanati. Il DL Bollette 2026 ha però aggiunto un tassello intermedio concreto: ARERA è stata incaricata di produrre una regolazione transitoria entro 120 giorni dall'entrata in vigore del decreto. L'obiettivo dichiarato è predisporre sin da subito un set minimo di principi e criteri per garantire trasparenza, tutela degli utenti e condizioni di concorrenza, accompagnando lo sviluppo di un settore destinato a rivestire un ruolo crescente nei percorsi di decarbonizzazione industriale.

24 MASE (2025), Studio CCUS Analisi degli aspetti tecnici, economici e normativi funzionali allo sviluppo della filiera CCUS.

8.3. POTENZIALE NEL TERRITORIO ITALIANO

Il territorio italiano presenta caratteristiche favorevoli sia sul lato della domanda potenziale di cattura della CO₂, sia su quello dell'offerta di capacità di stoccaggio, elementi che, considerati congiuntamente, rendono la CCUS una leva di decarbonizzazione concretamente sviluppabile su scala nazionale nel breve-medio periodo, e non solo una prospettiva di lungo termine.

Per quanto riguarda la domanda potenziale di cattura, i settori industriale, termoelettrico e dell'incenerimento dei rifiuti per il recupero energetico rappresentano i principali target della tecnologia CCUS in Italia. Nel 2022, secondo dati MASE, questi tre comparti hanno generato congiuntamente emissioni pari a 166 MtCO₂, equivalenti a circa il 40% delle emissioni di gas serra complessive a livello nazionale.

All'interno del settore industriale, circa 70 delle 90 MtCO₂ emesse nel 2022 sono riconducibili ai settori cosiddetti Hard to Abate, ovvero chimica, raffinazione, siderurgia, cemento, calce, ceramica, vetro e carta: comparti caratterizzati da installazioni con volumi di emissioni significativi, da una quota rilevante di emissioni di processo non riducibili tramite elettrificazione,

e da un'elevata esposizione ai costi del sistema ETS. Le analisi di fattibilità condotte con i principali operatori industriali del settore hanno evidenziato che la CCUS potrebbe occuparsi, in funzione del settore specifico, dell'abbattimento di una quota compresa tra il 30% e il 70% delle emissioni attuali degli stabilimenti, mentre la restante parte verrebbe affrontata mediante altre tecnologie di decarbonizzazione complementari, come l'efficienza energetica, il *fuel switch* verso fonti rinnovabili e l'elettrificazione.

Il settore termoelettrico rappresenta un secondo ambito di applicazione di grande rilevanza. La produzione termoelettrica da combustibili in Italia si è attestata, nel 2021 e nel 2022, rispettivamente a 189 e 191 TWh, di cui oltre il 70% generato da gas naturale, con emissioni di CO₂ connesse pari a 89 MtCO₂ nel 2021. Limitando il campo di applicazione della CCUS ai termovalorizzatori e agli impianti a ciclo combinato a gas (CCGT), che rappresentano la tecnologia più rilevante anche in prospettiva al 2030, è possibile stimare emissioni rilevanti ai fini CCUS pari a circa 56 MtCO₂ nel 2021 (Fig. 8.7), ovvero il 63% del totale di CO₂ emessa dalla produzione termoelettrica. Il parco impianti nazionale connesso è segmentato in tre principali classi di potenza (400, 800 e 1.200 MW) ed

Fig. 8.6: Emissioni CO₂ da processo e combustione dei settori Hard to Abate nel 2022

Fonte: MASE (2025)

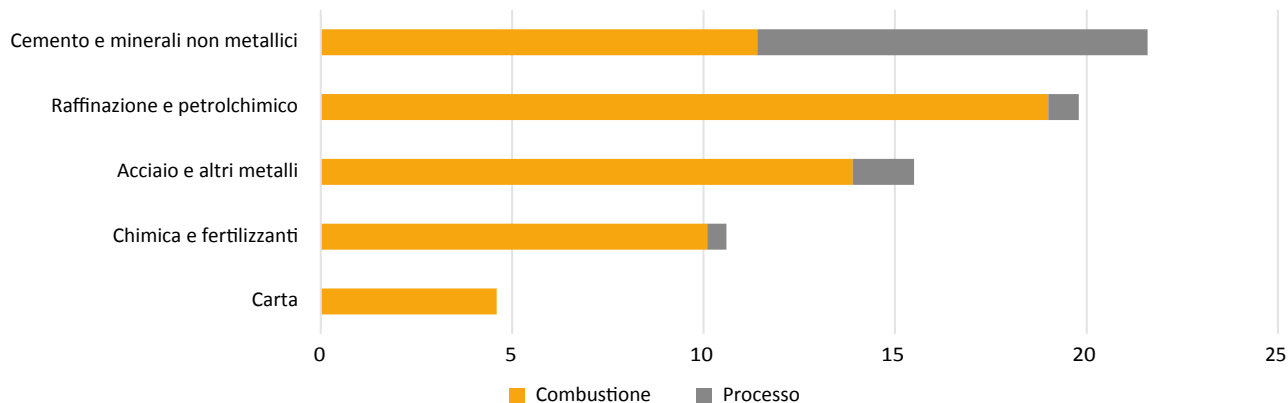
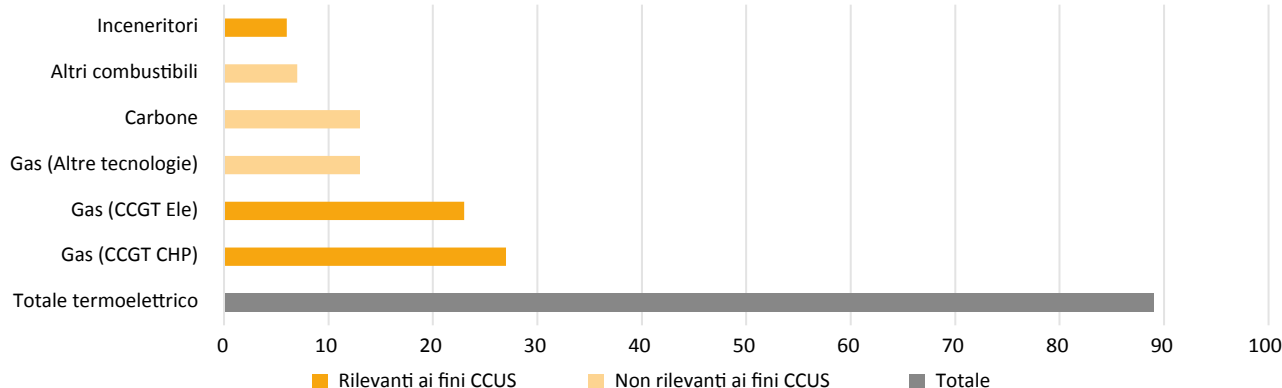


Fig. 8.7: Emissioni CO₂ nel 2021, per combustibile, tecnologia e rilevanza ai fini CCUS (MtCO₂)

Fonte: MASE (2025)



è concentrato prevalentemente nelle regioni della Pianura Padana, in Lombardia, e lungo le coste della penisola e della Sicilia.

Il settore dell'incenerimento dei rifiuti con recupero energetico (Waste to Energy) costituisce un terzo ambito di interesse prioritario, per via dell'elevata concentrazione di CO₂ presente nei fumi e, soprattutto, per l'assenza di soluzioni di decarbonizzazione alternative praticabili. Gli impianti di incenerimento e co-incenerimento attivi sul territorio nazionale sono circa 50, con emissioni complessive di anidride carbonica pari a 7,5 MtCO₂ annue, di cui 2 MtCO₂ di origine biogenica, concentrati prevalentemente nelle regioni del Nord Italia, in particolare Emilia-Romagna e Lombardia.

Per orientare le scelte di policy e di investimento, il MASE ha elaborato un Indice di rilevanza CCUS, su una scala da 1 a 4, che classifica i diversi settori in base alla caratterizzazione delle emissioni e all'imprescindibilità della soluzione CCUS rispetto alle altre opzioni di decarbonizzazione disponibili. Al livello massimo di rilevanza si collocano cemento, calce e incenerimento rifiuti, settori per i quali la CCUS rappresenta una soluzione di decarbonizzazione imprescindibile in quanto le alternative non sono applicabili o hanno un ruolo solo marginale; segue un secondo livello che compren-

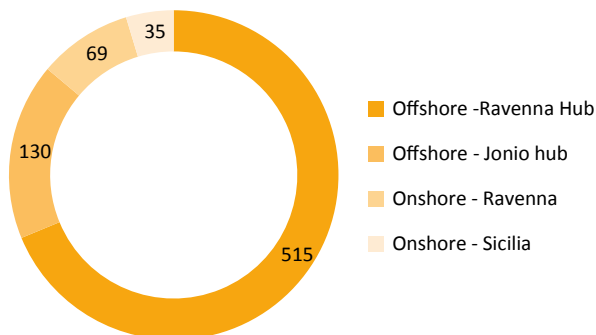
de chimica, raffinazione, acciaio primario (DRI) e produzione di idrogeno blu, caratterizzati da un'elevata compatibilità con la tecnologia grazie a costi competitivi e importanti economie di scala.

Dal punto di vista della distribuzione territoriale, la mappatura delle sorgenti emissive rientranti nel perimetro ETS ha individuato oltre 800 impianti per circa 140 MtCO₂ complessive, concentrati prevalentemente in Pianura Padana e in corrispondenza di alcuni grandi distretti industriali costieri del Sud Italia e delle isole, in linea con la distribuzione del tessuto produttivo nazionale. I siti localizzati in Pianura Padana, in particolare nelle province di Ravenna, Ferrara, Mantova, Brescia, Bergamo, Venezia e Padova, potranno essere collegati al sito di stoccaggio tramite una rete di trasporto onshore via tubo; i siti industriali costieri, localizzati soprattutto a Taranto, Priolo-Augusta, Brindisi, Sarroch e Civitavecchia, potranno invece essere raggiunti tramite trasporto via nave, modalità più costosa ma dotata di maggiore flessibilità logistica.

Sul fronte dell'offerta, il territorio italiano dispone di un potenziale di stoccaggio geologico di rilievo, concentrato principalmente nei giacimenti di idrocarburi esauriti o in fase di esaurimento situati nel Mare Adriatico. Tali giacimenti presentano vantaggi

Fig. 8.8: Potenziale nazionale della capacità di stoccaggio di CO₂ in giacimenti esauriti

Fonte: MASE (2025)



significativi rispetto ad altre tipologie di formazioni geologiche, derivanti da un'approfondita conoscenza delle caratteristiche del sottosuolo acquisita nel corso di decenni di attività esplorativa e produttiva, dalla presenza di una "trappola" geologica già verificata, in quanto ha contenuto gas naturale per milioni di anni, e dalla possibilità di riutilizzare parte delle infrastrutture industriali esistenti (pozzi, impianti, condotte). Secondo quanto delineato nel PNIEC 2024, il potenziale nazionale noto di capacità di stoccaggio geologico della CO₂ comprende giacimenti oil&gas esauriti per una capacità complessiva stimata in circa 750 Mt, di cui l'hub di Ravenna costituisce la componente di gran lunga più rilevante con 515 Mt, configurandosi come il principale sito di stoccaggio sfruttabile nel paese e, verosimilmente, anche nell'intera area del Mediterraneo. A questo si aggiunge il Jonio Hub, con un potenziale di 130 Mt e un orizzonte di operatività indicativamente a partire dal 2040 per via di una maggiore complessità geologica, e due giacimenti onshore nella zona di Ravenna e in Sicilia, in grado di ospitare complessivamente circa 100 Mt. Oltre ai giacimenti esauriti, il territorio nazionale dispone di un potenziale ben più ampio, seppur meno maturo dal punto di vista conoscitivo, rappresentato dagli acquiferi salini: le stime di letteratura riferite

all'offshore Adriatico indicano un range compreso tra 5.200 e 11.600 MtCO₂, un ordine di grandezza che, se confermato da future attività di esplorazione e caratterizzazione geologica, potrebbe garantire una capacità di stoccaggio sufficiente a sostenere lo sviluppo della filiera CCUS italiana per decenni.

È opportuno sottolineare che, sulla base della normativa vigente, soltanto gli stoccaggi in corrispondenza di giacimenti esauriti offshore sono considerati idonei ex lege, mentre i giacimenti onshore e gli acquiferi salini potranno essere qualificati come idonei solo successivamente all'emanazione del decreto ministeriale, ancora atteso, che individuerà le aree del territorio nazionale e della zona economica esclusiva selezionabili per tali finalità.

L'insieme di questi elementi, una domanda di cattura concentrata in poche aree industriali ben identificabili e già mappate, e un'offerta di stoccaggio caratterizzata da un sito di riferimento, l'hub di Ravenna, già in fase di sviluppo industriale, pone l'Italia in una posizione potenzialmente di riferimento per la filiera CCUS non solo a livello nazionale, ma per l'intero bacino del Mediterraneo, come confermato anche dal crescente interesse manifestato da altri paesi europei, in particolare Francia e Grecia, verso lo sviluppo di infrastrutture condivise di trasporto e stoccaggio transfrontaliero della CO₂.

8.4. IL PROGETTO RAVENNA CCS

Il progetto Ravenna CCS rappresenta, ad oggi, l'iniziativa più avanzata e concreta di sviluppo della filiera CCUS sul territorio italiano, e costituisce il punto di riferimento operativo attorno al quale si sta strutturando l'intero ecosistema nazionale di cattura, trasporto e stoccaggio della CO₂. La componente di stoccaggio è realizzata nell'ambito di una joint venture paritetica tra Eni e Snam, nella quale Eni ricopre il ruolo di operatore. In parallelo, la componente di trasporto è sviluppata e gestita da Snam.

L'iniziativa è concepita secondo un approccio modulare e progressivo, articolato in fasi successive che ne consentono una crescita graduale in funzione della domanda di mercato e dell'evoluzione del quadro normativo. La fase 1 è stata avviata ad agosto 2024 a seguito del rilascio, nel 2023, della prima autorizzazione italiana per lo svolgimento di un programma sperimentale di stoccaggio geologico di CO₂, denominato "CCS Ravenna Fase 1". In questa fase, la CO₂ viene catturata dall'impianto di compressione del gas naturale Eni situato a Casalborsetti, in provincia di Ravenna, e successivamente iniettata nel campo offshore di Porto Corsini Mare Ovest (PCMW), per un volume stimato fino a circa 25 mila tonnellate l'anno. Si tratta, a tutti gli effetti, del primo progetto di stoccaggio geologico permanente di CO₂ effettivamente in esercizio sul territorio nazionale, e riveste un'importanza significativa anche dal punto di vista della validazione tecnica dell'intera filiera, dalla cattura fino all'iniezione nel sottosuolo.

La seconda fase del progetto rappresenta il salto di scala verso la dimensione industriale, con l'obiettivo di raggiungere una capacità di cattura e sequestro di 4 milioni di tonnellate annue (Mtpa) entro il 2030, in linea con quanto indicato come obiettivo non vincolante nel PNIEC. La realizzazione delle infrastrutture necessarie a questa fase è subordinata al rilascio delle relative autorizzazioni, atteso entro la fine del 2027.

Dal punto di vista tecnico, a questi volumi concorrerà non soltanto la CO₂ trasportata via rete dai cluster industriali della Pianura Padana, ma anche quella trasportata via nave, e potenzialmente via treno o autobotte, in forma liquida. Quest'ultima verrà consegnata e stoccata temporaneamente in un terminale di importazione realizzato a Ravenna, il cosiddetto Ravenna Hub, per poi essere rigassificata e veicolata via tubo fino a Casalborsetti. Dal terminale di Casalborsetti, dotato di un impianto di compressione, la CO₂ verrà trasportata attraverso gasdotti offshore fino ai siti di stoccaggio permanente, costituiti da due giacimenti di gas esauriti situati nel Mare Adriatico a circa 10 e 40 chilometri dalla costa ravenna-

te: Porto Corsini Mare West, già utilizzato nella Fase 1, e Porto Garibaldi/Agostino.

Le espansioni successive, previste a partire dal 2030, sfrutteranno ulteriori giacimenti limitrofi, con l'obiettivo di raggiungere una potenziale capacità di iniezione complessiva nell'ordine delle 16 Mtpa entro il 2050. Tale traiettoria di crescita, basata su forti sinergie tra i diversi campi di stoccaggio progressivamente integrati nel sistema, riveste carattere indicativo e programmatico, e potrà essere rivista anche al rialzo in funzione dell'evoluzione della domanda nazionale ed estera, nel rispetto dei vincoli tecnici esistenti.

Elemento essenziale per il successo del progetto è lo sviluppo di un'adeguata rete di trasporto onshore, in grado di collegare i distretti industriali della Pianura Padana al sito di stoccaggio. Lo sviluppo della rete, dimensionata da Snam, segue una logica modulare a partire dal Ravennate, con la costruzione progressiva di una dorsale lungo la Pianura Padana, guidata dalla domanda effettiva di conferimento manifestata dagli emettitori.

Il primo intervento prevede il collegamento del distretto industriale di Ravenna e del relativo polo logistico con la centrale di spinta di Casalborsetti, e la realizzazione di una dorsale di nuova costruzione tra Casalborsetti e l'area di Ferrara, in grado di soddisfare sia la capacità crescente richiesta nel territorio ferrarese, sia i futuri conferimenti da altre aree della Pianura Padana. Queste infrastrutture hanno concluso recentemente la fase di progettazione, e già nel luglio 2024 Snam ha avviato la procedura di permitting, presentando la valutazione di impatto ambientale per i due tratti di rete Ravenna-Casalborsetti e Ferrara-Casalborsetti approvata tramite il Decreto di Compatibilità Ambientale rilasciato dal MASE a gennaio 2026. È significativo segnalare che il primo sviluppo relativo alla rete nell'area di Ravenna prevede il riutilizzo di un metanodotto dismesso lungo 15 chilometri, una scelta che permette di applicare concretamente i principi dell'economia circolare alla decarbonizzazione, validando al contempo dal punto

di vista tecnico la possibilità di convertire al trasporto di CO₂ metanodotti attualmente inseriti nella Rete Gas Nazionale.

Gli sviluppi successivi della rete sono previsti seguire due direttrici principali, individuate sulla base della distanza da Ferrara/Ravenna e della presenza di potenziali conferitori: una verso nord-est, in direzione Padova/Marghera/Venezia, e una verso ovest, risalendo la Pianura Padana verso Mantova/Brescia/Bergamo. Tali direttrici saranno sviluppate con tempistiche, tracciati e dimensionamenti da affinare progressivamente in base alle effettive richieste del mercato, privilegiando, ove tecnicamente fattibile, il repurposing di gasdotti esistenti rispetto alla realizzazione di nuove infrastrutture, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio.

Il progetto Ravenna CCS presenta una notevole rilevanza anche a livello europeo, essendo parte integrante del progetto CALLISTO, acronimo di "Carbon Liquefaction, Transportation and Storage" – Mediterranean CO₂ Network, rientrato nella prima lista dell'Unione dei Progetti di Interesse Comune (PCI) e dei Progetti di Mutuo Interesse (PMI) ai sensi del nuovo Regolamento TEN-E. Nel suo schema principale, il progetto CALLISTO prevede la raccolta e il trasporto di CO₂, sia onshore attraverso condotte esistenti o di nuova realizzazione, sia via mare tramite navi, da emettitori situati in Italia e in Francia, con relativi hub di rigassificazione e liquefazione nei due paesi, per poi procedere allo stoccaggio finale nel sito di Ravenna. L'obiettivo dell'iniziativa è quello di perseguire efficacemente i target di decarbonizzazione, preservando al contempo i livelli di produzione delle industrie ad alta intensità energetica presenti nella regione e abilitando il trasporto transfrontaliero di CO₂.

Nel dicembre 2024 il progetto Callisto ha rinnovato la propria candidatura per la seconda lista PCI-PMI, ampliando il perimetro di potenziali emettitori nazionali da servire; nello stesso mese, Italia, Francia e Grecia hanno aggiornato un piano strategico regionale, non

vincolante, denominato CCS Mediterranean Plan, a sostegno dello sviluppo di infrastrutture CCS nel bacino del Mar Mediterraneo, presentato per la prima volta alla Commissione Europea nella primavera del 2023.

A conferma del crescente interesse del tessuto industriale italiano verso questa tecnologia, Eni e Snam hanno condotto, tra il 7 febbraio e il 5 maggio 2024, un'indagine di mercato denominata "Indagine sul potenziale mercato per il trasporto e lo stoccaggio di CO₂ presso il sito di Ravenna CCS", indirizzata a soggetti con siti emissivi sul territorio nazionale.

L'indagine si prefiggeva di informare gli stakeholder sullo sviluppo modulare della rete, testare l'interesse industriale per il trasporto e lo stoccaggio di CO₂ e raccogliere dati tecnico-economici per definire le modalità ottimali di conferimento.

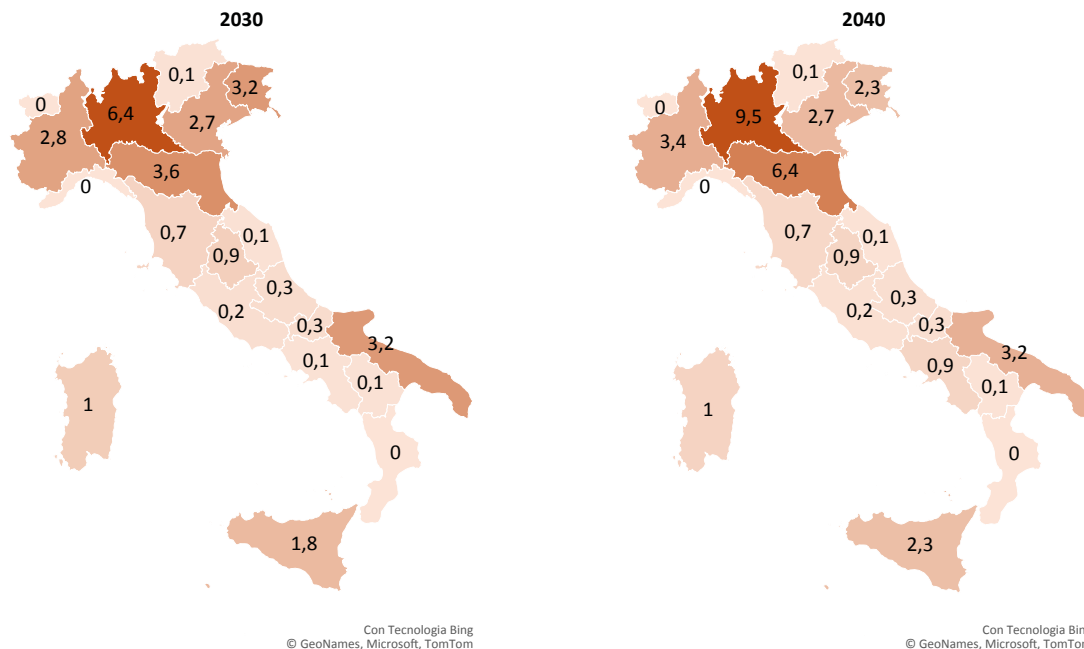
Per l'indagine CCS hanno aderito 61 aziende, per un totale di 172 siti emissivi interessati al conferimento di volumi di CO₂ a Ravenna: si tratta di una rete con un mix di trasporto sia onshore che offshore, confermando l'importanza attribuita alla CCUS dal tessuto industriale italiano, in particolare dai settori Hard to Abate, termoelettrico e Waste to Energy.

Le manifestazioni di interesse raccolte, seppur non vincolanti, corrispondono a un potenziale di cattura pari a circa 27 MtCO₂ all'anno intorno al 2030, che si prevede possa aumentare fino a 34 milioni di tonnellate al 2040. Circa il 70% del mercato è concentrato in Pianura Padana, mentre la parte restante riguarda i distretti industriali del Centro e Sud Italia.

Parallelamente allo sviluppo infrastrutturale, diversi emettitori industriali localizzati nelle aree di Ravenna, Ferrara, Marghera, Brescia, Padova e Bergamo stanno portando avanti progetti di impianti di cattura a vari livelli di maturità, alcuni dei quali destinati a procedere in parallelo o subito dopo gli sviluppi delle infrastrutture di trasporto e stoccaggio. Tra questi si segnalano in particolare due progetti italiani selezionati per ricevere i finanziamenti previsti dal quarto bando per progetti mid-scale dell'EU Inno-

Fig. 8.9: Distribuzione regionale dei volumi di CO₂ conferibili (in MtCO₂)

Fonte: elaborazioni I-Com su dati SNAM



vation Fund nell'ottobre 2024: l'impianto di cattura presso il termovalorizzatore di Ferrara, e l'impianto di cattura da realizzarsi presso lo stabilimento metallurgico Marcegaglia a Ravenna, entrambi destinati a rappresentare casi pilota di riferimento per la replicabilità della tecnologia su altri siti industriali del territorio nazionale.

8.5. UN HUB PER IL SUD EUROPA E PER UNA FILIERA NAZIONALE

Il progetto Ravenna CCS non si esaurisce nella dimensione nazionale. Fin dalla sua concezione, l'hub è stato impostato come un'infrastruttura open-access e multimodale, aperta a emettitori terzi attraverso modalità di trasporto diversificate: pipeline onshore, navi per il trasporto di CO₂ liquefatta, e potenzialmente treno e

autobotte per i siti non connessi alla rete. Questa scelta architetture, confermata dal riconoscimento europeo nell'ambito dei Progetti di Interesse Comune, trasforma Ravenna da progetto di decarbonizzazione nazionale in un nodo infrastrutturale strategico per l'intera Europa meridionale, il primo e unico hub di stoccaggio geologico operativo nel bacino del Mediterraneo.

Il perimetro geografico del progetto è già oggi trans-nazionale. CALLISTO, il network che integra Ravenna nel sistema europeo, mira a sviluppare il più grande hub CO₂ multimodale ad accesso aperto nel Mediterraneo, con l'obiettivo di consentire la decarbonizzazione di vari cluster di emettitori industriali attraverso la cattura, l'aggregazione, il trasporto e lo stoccaggio permanente della CO₂. Le aree coinvolte sono i bacini industriali di Fos-Marseille e della valle del Rodano in Francia, e i distretti industriali di Ravenna, Ferrara e Porto Marghera. Il progetto è coordinato da Air Liqui-

de e promosso da 18 aziende, tra cui Snam e Eni in qualità di operatore dell'hub CCS di Ravenna.

L'interesse che diversi paesi europei hanno manifestato verso l'hub ravennate si spiega con una ragione strutturale semplice: il Mediterraneo è privo di alternative di stoccaggio operative nel breve termine. I grandi hub del Mare del Nord (Northern Lights in Norvegia, Porthos nei Paesi Bassi) sono geograficamente svantaggiati per le industrie del Sud Europa, comportando costi di trasporto significativamente più elevati e dipendenze logistiche complesse. Ravenna, per la sua collocazione geografica, la capacità di stoccaggio disponibile stimata in oltre 500 Mt nei soli giacimenti esauriti dell'Adriatico, e la natura open-access dell'infrastruttura, rappresenta la risposta naturale a questa carenza.

La Francia è il partner internazionale più direttamente coinvolto, co-firmataria del CCS Mediterranean Plan e presenza attiva nell'ecosistema CALLISTO attraverso Air Liquide, che funge da aggregatore della CO₂ proveniente dai cluster industriali francesi. Il focus principale è la decarbonizzazione del polo petrolchimico e siderurgico di Marsiglia-Fos-sur-Mer, uno dei distretti industriali a più alta intensità emissiva dell'Europa meridionale: la CO₂ catturata dai bacini francesi e italiani verrà aggregata e raccolta negli hub di esportazione situati in entrambi i Paesi, per poi essere trasportata via mare o tramite i gasdotti onshore di Snam all'hub CCS di Ravenna, dove sarà stoccata permanentemente nei giacimenti offshore di gas esauriti di Eni nel mare Adriatico. Gli sviluppi del lato francese del progetto, con l'avvio della raccolta di CO₂ dai siti transalpini, sono previsti a partire dal 2029.

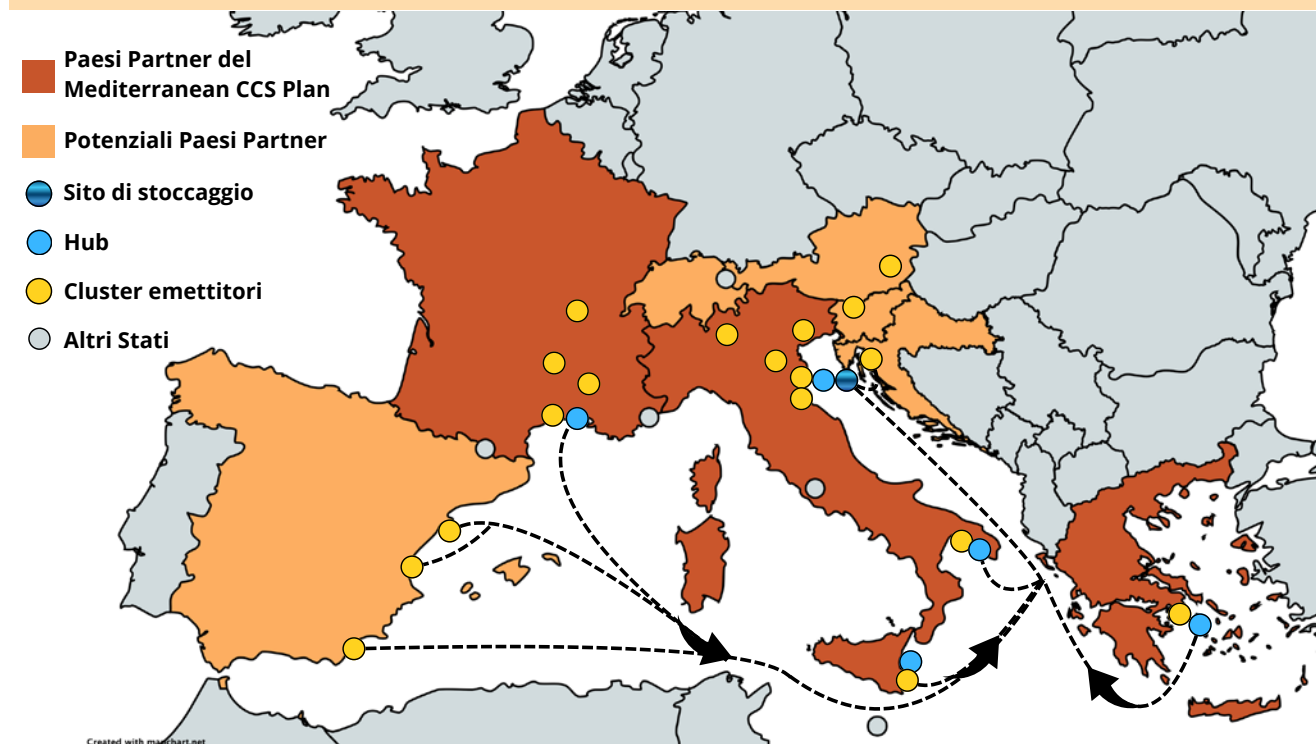
La Grecia è tra i promotori istituzionali del CCS Mediterranean Plan, insieme a Italia e Francia. L'interesse greco si basa sulla potenziale cooperazione fra l'impianto di liquefazione di ApolloCO₂, iniziativa di DESFA, che individua Ravenna come sito di stoccaggio addizionale, oltre al sito di stoccaggio di Prinos, necessario per soddisfare il proprio potenziale di liquefazione.

La Croazia, per la sua prossimità geografica nell'Alto Adriatico, si configura come un partner di prossimità naturale. Gli sviluppatori croati hanno proposto un sito di stoccaggio nel nord-est del paese come mezzo per decarbonizzare la produzione di cemento, sia in Croazia che oltre confine, in Ungheria. Tuttavia, per i distretti industriali costieri e le raffinerie della costa adriatica croata, l'hub di Ravenna rappresenta già oggi l'opzione di conferimento più efficiente in termini di costi di trasporto integrati, in attesa che i siti nazionali raggiungano l'operatività su larga scala.

Austria e Svizzera pongono una sfida logistica differente, essendo paesi privi di sbocco sul mare e sprovvisti di giacimenti geologici idonei allo stoccaggio su larga scala. Per entrambe, il corridoio terrestre verso la Pianura Padana può configurarsi come una delle direttrici di riferimento. Il comparto industriale austriaco – con le acciaierie di Linz e Donawitz e i numerosi cementifici – ha un fabbisogno significativo di soluzioni CCS per raggiungere la neutralità climatica. In questa prospettiva, il legame già esistente tra Snam e TAG (Trans Austria Gasleitung) nell'ambito del SouthH2 Corridor per il trasporto dell'idrogeno apre la strada a una sinergia infrastrutturale che potrebbe in futuro essere estesa anche al trasporto di CO₂, rendendo Ravenna l'opzione meridionale più accessibile rispetto ai lunghi e costosi corridoi verso il Nord Europa. La Svizzera, che dispone di una legislazione avanzata sulla contabilizzazione delle emissioni negative e non può stoccare CO₂ nel proprio sottosuolo per via di vincoli geologici e normativi, guarda all'asse ferroviario attraverso la galleria del San Gottardo e ai terminali intermodali della Pianura Padana come al corridoio logistico più diretto verso l'hub di Ravenna. Per la Spagna, infine, il posizionamento è quello di un mercato ad alto potenziale strategico: i grandi agglomerati industriali della costa mediterranea, da Tarragona a Valencia, guardano con interesse crescente all'architettura open-access di Ravenna come opzione di transizione fondamentale, anche in considera-

Fig. 8.10: Network di hub emettitori per il progetto CALLISTO nel Mediterranean CCS Plan

Fonte: elaborazioni I-Com



zione dei tempi tecnici e autorizzativi necessari allo sviluppo dei propri siti di stoccaggio nazionali. Questa convergenza di interessi europei attorno a Ravenna apre una prospettiva che va ben oltre la semplice decarbonizzazione dei settori industriali italiani. Per la prima volta, l'Italia si trova nella posizione di esportatore di servizi ambientali e infrastrutturali di decarbonizzazione, invertendo un ruolo storicamente da importatore di tecnologie e infrastrutture energetiche. Le competenze che gli operatori titolari e la loro catena di fornitura stanno accumulando – nella gestione dello stoccaggio geologico offshore, nella riconversione di metanodotti al trasporto di CO₂, nella logistica multimodale del gas liquefatto – costituiscono un track record unico nel Mediterraneo, difficilmente replicabile nel breve termine da altri operatori della regione. Le aziende italiane con competenze nel settore espri-

mono eccellenze rilevanti lungo l'intera catena del valore della filiera CCS. Nell'ingegneria di processo e nelle tecnologie di cattura, il paese conta su competenze di ingegneria chimica di livello internazionale, con player che controllano tecnologie avanzate per la cattura post-combustione tramite ammine e che hanno già dimostrato capacità esecutive nel contesto del progetto Ravenna. Nel comparto EPC (Engineering, Procurement and Construction) e della componentistica, il manifatturiero italiano è storicamente leader nell'oil&gas, settori le cui competenze sono quasi interamente trasferibili alla CCS: compressori ad alta pressione, valvole speciali, condotte sottomarine, navi per il trasporto di gas liquefatti. Nell'infrastruttura e nella gestione delle reti, l'esperienza maturata da Snam nella riconversione dei metanodotti e nella gestione dei flussi di CO₂ pone l'Italia all'avanguardia in un segmen-

to che sarà sempre più richiesto man mano che altri paesi costruiranno le proprie reti di trasporto dedicate. Il vantaggio del “first mover” nel Mediterraneo è destinato a tradursi in opportunità commerciali concrete quando Spagna, Grecia, Croazia e, in prospettiva, i paesi del Nord Africa vorranno sviluppare i propri siti di stoccaggio e le proprie reti di trasporto.

Sostenere il quadro normativo nazionale non serve quindi soltanto a tutelare la competitività dei settori Hard to Abate italiani, ma rappresenta anche un investimento strategico nella capacità del sistema-paese di posizionarsi come fornitore di tecnologie e servizi di decarbonizzazione in un mercato globale destinato a crescere significativamente nel prossimo decennio.

8.6. CONSIDERAZIONI FINALI

Il percorso tracciato in questo capitolo restituisce un quadro complessivo in cui l'Italia si trova in una fase cruciale e, per certi versi, irripetibile per quanto riguarda lo sviluppo della filiera CCUS. Le condizioni di contesto, sia sul piano tecnologico che su quello normativo e industriale, stanno convergendo verso una finestra di opportunità che richiede scelte strategiche tempestive e coerenti.

Dal punto di vista della domanda, il paese dispone di un tessuto produttivo con un'esposizione significativa alle emissioni difficilmente abbattibili tramite le sole tecnologie convenzionali: circa 141 MtCO₂eq, pari al 45% delle emissioni nazionali, provengono da settori per i quali l'elettrificazione e le rinnovabili non rappresentano una soluzione sufficiente nell'orizzonte temporale degli obiettivi climatici al 2030 e al 2050. I settori Hard to Abate, il termoelettrico a gas e l'incenerimento dei rifiuti costituiscono, nell'insieme, una domanda potenziale di cattura ampia, geograficamente concentrata e in buona parte già mappata, che potrebbe raggiungere, se-

condo le manifestazioni di interesse raccolte da Eni e Snam nel 2024, un potenziale di 27 MtCO₂ annue entro il 2030 e 34 Mt entro il 2040.

Dal punto di vista dell'offerta, il progetto Ravenna CCS, avviato ad agosto 2024 nella sua fase sperimentale, posiziona l'Italia come il primo e, al momento, principale polo di stoccaggio geologico della CO₂ nell'intera area del Mediterraneo, con una capacità complessiva stimata di 515 Mt per il solo hub ravennate, destinata a espandersi progressivamente fino a un plateau di circa 16 Mtpa nel periodo 2040-2050. Si tratta di un asset strategico di portata non solo nazionale, come confermato anche dall'inserimento del progetto CALLISTO tra i Progetti di Interesse Comune dell'Unione Europea e dall'interesse manifestato da Francia e Grecia verso lo sviluppo di infrastrutture di trasporto transfrontaliere della CO₂ convergenti verso Ravenna.

Sul piano dell'innovazione, il quadro brevettuale evidenzia tuttavia alcune aree di attenzione. I brevetti nella cattura, stoccaggio, sequestro e smaltimento dei gas a effetto serra rappresentano oggi soltanto l'1% dei brevetti energetici complessivi, con una quota che è andata calando dopo il picco registrato nel periodo 2013-2016. All'interno del panorama europeo, l'Italia si colloca al terzo posto, con il 16% dei brevetti UE del settore nel 2024, dietro Francia e Germania, e mostra margini significativi di crescita nella capacità innovativa specifica sul CCUS. Questo dato suggerisce che la competitività italiana nella filiera dipenderà non solo dalla capacità di sviluppare infrastrutture di stoccaggio, ma anche dall'investimento in ricerca, sviluppo e innovazione tecnologica lungo l'intera catena del valore, dalla cattura fino alle tecnologie di monitoraggio e verifica dello stoccaggio.

Il principale nodo irrisolto rimane quello normativo. Nonostante l'approvazione in Consiglio dei Ministri del disegno di legge delega il 30 giugno 2025, l'iter parlamentare è ancora in corso al Senato, il che significa che i decreti legislativi attuativi, ne-

cessari per disciplinare la governance della filiera, i meccanismi di incentivazione alla cattura, la regolazione tariffaria del trasporto e dello stoccaggio e le condizioni di accesso alle infrastrutture da parte di terzi, non sono (ben) lunghi dell'essere emanati. A modesto avviso di chi scrive, senza una rapida chiusura dell'iter entro la fine dell'anno, ultimo anno pieno di questa legislatura e di questo governo, il *gap* di competitività rispetto agli altri partner europei rischia di allargarsi.

Il confronto con i paesi europei più avanzati, Regno

Unito, Paesi Bassi, Danimarca e Francia, mostra chiaramente che la disponibilità di strumenti di supporto certi e prevedibili, in particolare di Contratti per Differenza strutturati in modo da ridurre il rischio per gli investitori, è la variabile che ha determinato in quei contesti l'effettivo avvio degli investimenti industriali. In assenza di questi strumenti, il rischio è che la domanda di cattura espressa nelle manifestazioni di interesse del 2024 rimanga tale, senza tradursi in decisioni di investimento concrete nei tempi richiesti dagli obiettivi PNIEC al 2030.

CAPITOLO 9

L'EVOLUZIONE DELL'ECOSISTEMA DELLE START-UP
INNOVATIVE E IN AMBITO ENERGETICO

9.1. INTRODUZIONE

Le start-up innovative, la loro nascita e diffusione, costituiscono un indicatore fondamentale per misurare la dinamicità e la vitalità del tessuto imprenditoriale italiano. Esse, infatti, si caratterizzano come imprese giovani e ad alto contenuto tecnologico, caratterizzate da un elevato potenziale di sviluppo futuro e da possibili ricadute positive sullo sviluppo economico e sociale del contesto in cui operano.

In base alla definizione ufficiale delle Camere di Commercio, si fa riferimento a start-up innovative come “società di capitali, costituite anche in forma cooperativa, che hanno come oggetto lo sviluppo, la produzione e la commercializzazione di prodotti o servizi innovativi ad alto valore tecnologico”. Per poter essere considerate tali, le società devono essere costituite e operative da non oltre 60 mesi, senza derivare da operazioni di fusione, scissione societaria o cessione d’azienda o di ramo d’azienda. Inoltre, l’impresa deve avere sede in Italia oppure in uno Stato membro dell’Unione Europea, purché disponga di una sede produttiva o di una filiale sul territorio italiano. A partire dal secondo anno di attività, il valore annuo della produzione non deve superare i 5 milioni di euro e la società non deve aver distribuito utili.

Per essere qualificata come innovativa, una start-up deve inoltre soddisfare almeno uno dei seguenti requisiti:

- sostenere spese in ricerca e sviluppo pari ad almeno il 15% del maggiore valore tra costo e valore totale della produzione;
- impiegare personale altamente qualificato;
- essere titolare, depositaria o licenziataria di almeno un brevetto oppure titolare di un software registrato.

Gli ultimi mesi – e gli ultimi anni in generale – sono

stati segnati da rilevanti tensioni economiche e internazionali, con effetti che hanno interessato trasversalmente tutti i settori produttivi e i comparti legati alla crescita e allo sviluppo, inclusa la macroarea delle start-up innovative. In un contesto caratterizzato da profondi mutamenti degli equilibri geopolitici e macroeconomici, risulta pertanto opportuno valutare se – e in che modo – le start-up innovative abbiano mostrato capacità di resilienza e adattamento alle pressioni esogene.

Considerata la rilevanza economica e sociale delle start-up innovative, appare particolarmente interessante un approfondimento qualitativo sulla distribuzione territoriale e sulla numerosità di questi operatori a livello nazionale, soprattutto in relazione al contributo apportato al sistema economico complessivo. A tal fine, è stato estrapolato il dataset completo delle start-up innovative aggiornato ad aprile 2026 dalla sezione speciale del Registro delle Imprese dedicata a questa categoria.

Il database raccolto comprende numerose informazioni, tra cui la denominazione della società, la sede, la natura giuridica, l’anno di avvio dell’attività, il settore economico di riferimento, la classe dimensionale in termini di capitale investito, produzione e numero di addetti, nonché l’eventuale possesso di brevetti depositati o software registrati.

Come l’anno precedente, abbiamo isolato dal database una variabile che segnala se ogni start-up possa essere classificata come innovativa in ambito energetico²⁵. Individuando il sotto-campione delle start-up innovative operanti nel settore energetico, abbiamo quindi un’analisi parallela dedicata, volta a evidenziare il peso e il ruolo di questa categoria rispetto all’universo nazionale delle start-up innovative, e come a loro volta queste aziende abbiano fatto fronte a un panorama energetico internazionale in costante tensione.

25 Una impresa è considerata ad alto valore tecnologico in ambito energetico se sviluppa e commercializza esclusivamente prodotti o servizi innovativi ad alto valore tecnologico in ambito energetico.

9.2. L'EVOLUZIONE TEMPORALE

I dati più recenti del report Infocamere²⁶, aggiornato al primo trimestre 2026, riportano un numero di start-up innovative iscritte alla sezione speciale del Registro delle Imprese²⁷ pari a 11.805. Si osserva una lieve contrazione rispetto alle 12.277 start-up registrate nello stesso periodo dello scorso anno, ad aprile 2025.

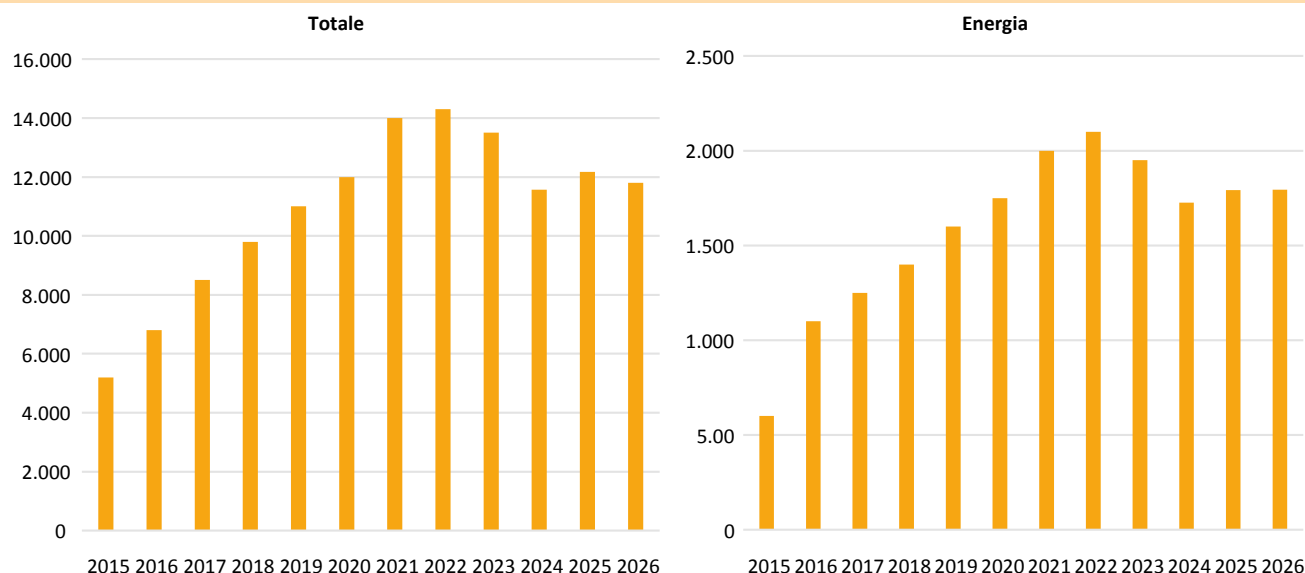
Se si analizza l'evoluzione temporale della diffusione di start-up (Fig. 9.1), dalle circa 5.000 start-up del 2015 si è avuto un incremento del 136,1%. Del totale delle start-up innovative, a inizio 2026, quelle specializzate in attività energetiche sono 1.794, ovvero circa il 15,2% del totale, in leggero rialzo rispetto al 2025. In termini geografici (Fig. 9.2), le Regioni del Nord mantengono la leadership nazionale per la nascita di start-up innovative, con 6.156 unità, mentre le Regioni del Sud e del Centro seguono con valori importanti

ma decisamente più modesti, pari rispettivamente a 3.201 e 2.448. Segnaliamo che i valori per la nascita di nuove start-up sono negativi rispetto al 2025 per quasi tutte le macroaree italiane: solo il Centro registra un numero maggiore di imprese rispetto allo scorso anno, seppur con un tasso di crescita in calo rispetto all'anno precedente.

Se si guarda all'intervallo temporale dal 2015, tuttavia, emerge chiaramente come l'ecosistema delle start-up fosse in partenza più dinamico rispetto all'ultimo periodo, che ha visto invece una stagnazione. In particolare, nel 2016 il tasso di crescita di tutte le macroaree superava il 30%, raggiungendo addirittura il 35,6% per il Meridione. Tali numeri sono andati progressivamente a calare, anche se hanno mantenuto un certo grado di robustezza, con crescita a doppia cifra fino al 2021, salvo per il Centro nel 2019, che è stato l'unica area geografica con un tasso di crescita inferiore al 10%.

Fig. 9.1: Evoluzione storica della nascita delle start-up

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



²⁶ Report con dati strutturali, Start-up innovative – 1 trimestre 2026, Cruscotti di Indicatori Statistici – Dati nazionali, 1° aprile 2026

²⁷ Ai sensi del decreto-legge 179/2012

Nel 2022 il tasso di crescita ha addirittura sfiorato lo 0%, giungendo poi ai valori decisamente negativi del 2024, prima di una piccola ma decisa ripresa che ha permesso a tutte le aree di riaffiorare intorno al 5% nel 2025. Il 2026, come accennato, ha però registrato un altro calo nella variazione annua per la crescita delle start-up: si tratta di valori negativi del -3,2% circa per Nord e -7,5% per il Sud, mentre il Centro registra dati positivi (+1,8%), che non consentono però di eguagliare i valori del 2025.

La contrazione registrata è riconducibile a una combi-

nazione di fattori economici e geopolitici che hanno caratterizzato il contesto internazionale nel corso del 2026. Oltre al protrarsi di crisi e conflitti già in essere, l'emergere di nuove tensioni globali e il persistere di una forte frammentazione degli scambi globali hanno contribuito ad accrescere l'incertezza dei mercati, alimentando volatilità nei prezzi dell'energia, delle materie prime e degli asset strategici.

A incidere negativamente è stato anche il quadro macroeconomico. A causa dell'inflazione, il livello dei prezzi rimane elevato in numerosi comparti pro-



duttivi, comprimendo margini operativi e capacità di investimento. Parallelamente, il mantenimento di condizioni finanziarie relativamente restrittive e il costo ancora elevato del capitale hanno continuato a limitare l'accesso al credito. In questo scenario, le startup e le imprese innovative – caratterizzate da modelli di business ad alta intensità di capitale e da orizzonti di ritorno dell'investimento di medio-lungo periodo – hanno incontrato maggiori difficoltà nel reperire risorse finanziarie, risultando particolarmente esposte alle turbolenze economiche e alle incertezze che accompagnano le prime fasi di crescita.

Le start-up in ambito energetico hanno seguito una parabola simile. Infatti, nel 2016 si registrava un tasso di crescita decisamente elevato: le start up in ambito energia situate in Centro Italia avevano raddoppiato i loro numeri rispetto all'anno precedente, e altrettanto positivi erano i risultati del Nord e del Sud, che raggiungevano quasi il medesimo risultato (rispettivamente +89% e +91%). A partire dall'anno successivo, tuttavia, si nota un calo drastico del tasso di crescita, con valori che stagnano nella zona del 20% fino al 2021, quando scendono ancora fino a raggiungere i livelli negativi del 2024, caratterizzati da un -8% per Nord e Sud, fino al -14% per il Centro.

L'analisi dell'evoluzione territoriale evidenzia come il Mezzogiorno abbia rappresentato finora una delle aree più dinamiche nel panorama della transizione energetica italiana. Pur in un contesto di rallentamento generale degli investimenti e dell'attività imprenditoriale, le Regioni meridionali hanno mantenuto una certa resilienza e performance relativamente migliori rispetto al Centro-Nord. Tuttavia, i dati di quest'anno mostrano per la prima volta un rallentamento importante per il Sud: gli ultimi valori vedono infatti un ribasso per il Nord (-0,8%), ma ancora più marcato per il Sud (-4,1%). A fare eccezione anche in questo campo è il Centro, che prosegue la crescita rispetto al 2025 e segna un incremento di 11,8%, rimanendo in territorio positivo per il secondo anno di fila.

9.3. LA DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

La distribuzione delle start-up su base geografica (Fig. 9.3) rivela un'evidente disomogeneità: la maggioranza di imprese è infatti localizzata nel Settentrione, e in particolare in Lombardia, che da sola conta 3.449 start-up, in aumento rispetto alle 3.405 dello scorso anno. La seconda Regione per presenza di start-up è la Campania con 1.519 imprese, mentre segue il Lazio con 1.333 start-up.

Nel complesso, il Nord Italia ospita il 52% delle start-up, mentre Sud e Centro raccolgono meno della metà del resto dell'insieme, contando quote analoghe a quelle del 2025: rispettivamente 27% e 21% del totale delle start-up.

Con riferimento alle start-up in ambito energetico, la distribuzione complessiva è comparabile al 2025: la maggioranza opera al Nord (il 48%, in lieve decrescita su base annuale), il 20% al Centro e il 32% al Sud. Il distacco tra Centro e Sud diminuisce: se nel 2025 le start-up del settore energetico presenti al Sud (34%) erano quasi il doppio di quelle al Centro (18%), ora la forbice tra le due aree è leggermente diminuita.

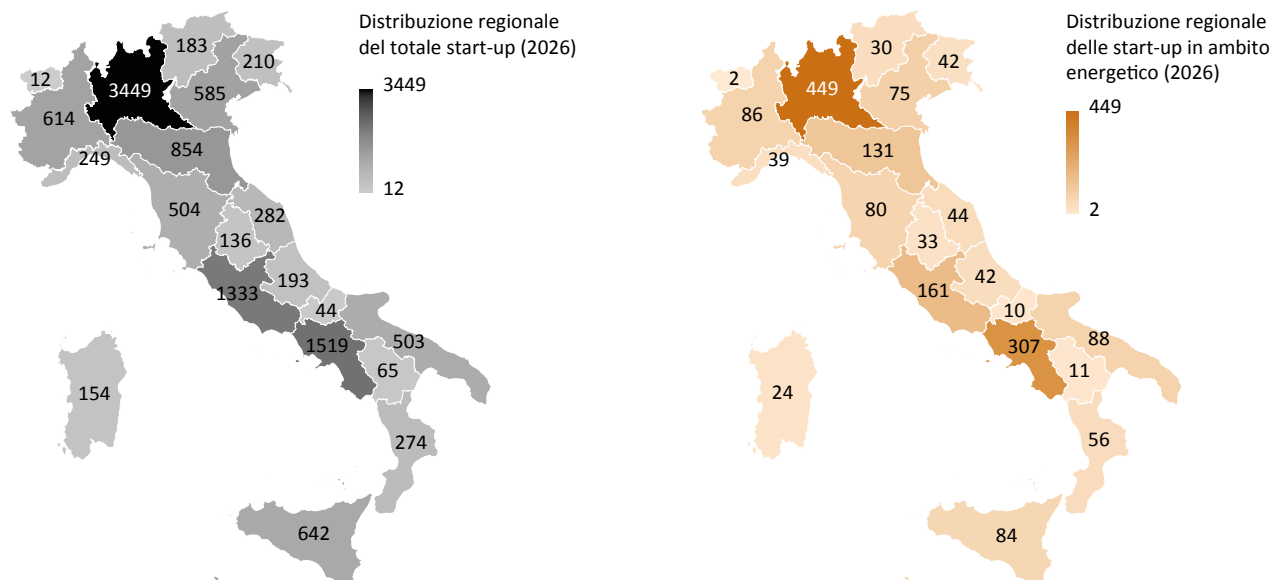
Su base regionale (Fig. 9.4), la Lombardia da sola conta il 29,2% del totale nazionale, la Campania il 12,9% e il Lazio segue con l'11,3%: si tratta, per queste due Regioni, di valori in lieve diminuzione rispetto a quelli registrati nel 2025.

Questi, per quanto siano oggettivamente valori importanti ed indicativi della capacità attrattiva regionale per operatori innovativi, risultano essere significativamente minori di quelli del contesto lombardo – basti pensare che la sola Lombardia ospita più start-up di tutta l'area geografica del Sud –, mentre invece spiccano rispetto ai loro vicini regionali.

Infatti, nel contesto regionale, se le prime tre Regioni per presenza di start-up sono -come citato- Lombardia, Campania e Lazio, le tre Regioni meno performanti sono la Valle d'Aosta (12 start-up), il Molise (44 start-up) e la Basilicata (65 start-up), che si trovano

Fig. 9.3: Distribuzione regionale delle start-up

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



come lo scorso anno ai piedi della classifica, registrando inoltre un numero ancora minore di nuove imprese.

Guardando alle start-up energetiche, la Lombardia resta anche in questo settore prima in classifica, con il 25% del totale nazionale, mentre al secondo e terzo posto si trovano Campania (17%) e Lazio (9%), che non hanno variato, rispetto al 2025, le loro quote sul totale.

In numeri assoluti, la Lombardia conta 449 start-up; segue a quota 307 la Campania, il Lazio con 161 e l'Emilia-Romagna con 131; le Regioni meno generative di innovazione in ambito energetico sono la Valle d'Aosta, con 2 imprese, il Molise e la Basilicata, rispettivamente con 10 e 11 start-up, in modo analogo alla classifica generale delle start-up e al 2025 per il solo comparto energetico.

Spostando l'attenzione alla distribuzione provinciale delle start-up innovative (Fig. 9.5), appare evidente come queste si concentrino prevalentemente in-

torno agli hub regionali più importanti. Le Province nelle quali si localizzano principalmente le imprese sono quelle di Milano (2.608), Roma (1.196) e Napoli (850). La localizzazione delle start-up del settore energetico sembra d'altronde confermare la centralità di questi tre capoluoghi di Regione, in quanto Milano accoglie 308 operatori, Napoli 178 e Roma 142. Nella Provincia di Milano risulta una crescita di start-up sia in numeri assoluti sia per quanto riguarda il settore energetico rispetto al 2025; Roma, di contro, ha visto una lieve diminuzione delle start-up, sia nel generale che per le imprese a valore energetico. La Provincia di Napoli ha visto un aumento del numero totale di start-up, ma una flessione nel settore energetico.

Come lo scorso anno, rimane un rapporto particolare tra le Province di Roma e Napoli: la prima conta ancora un numero assoluto di start-up innovative più alto di quello di Napoli, ma in quest'ultima è sempre maggiore l'incidenza di start-up energetiche sul totale.

Fig. 9.4: Distribuzione percentuale delle start-up per Regione

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

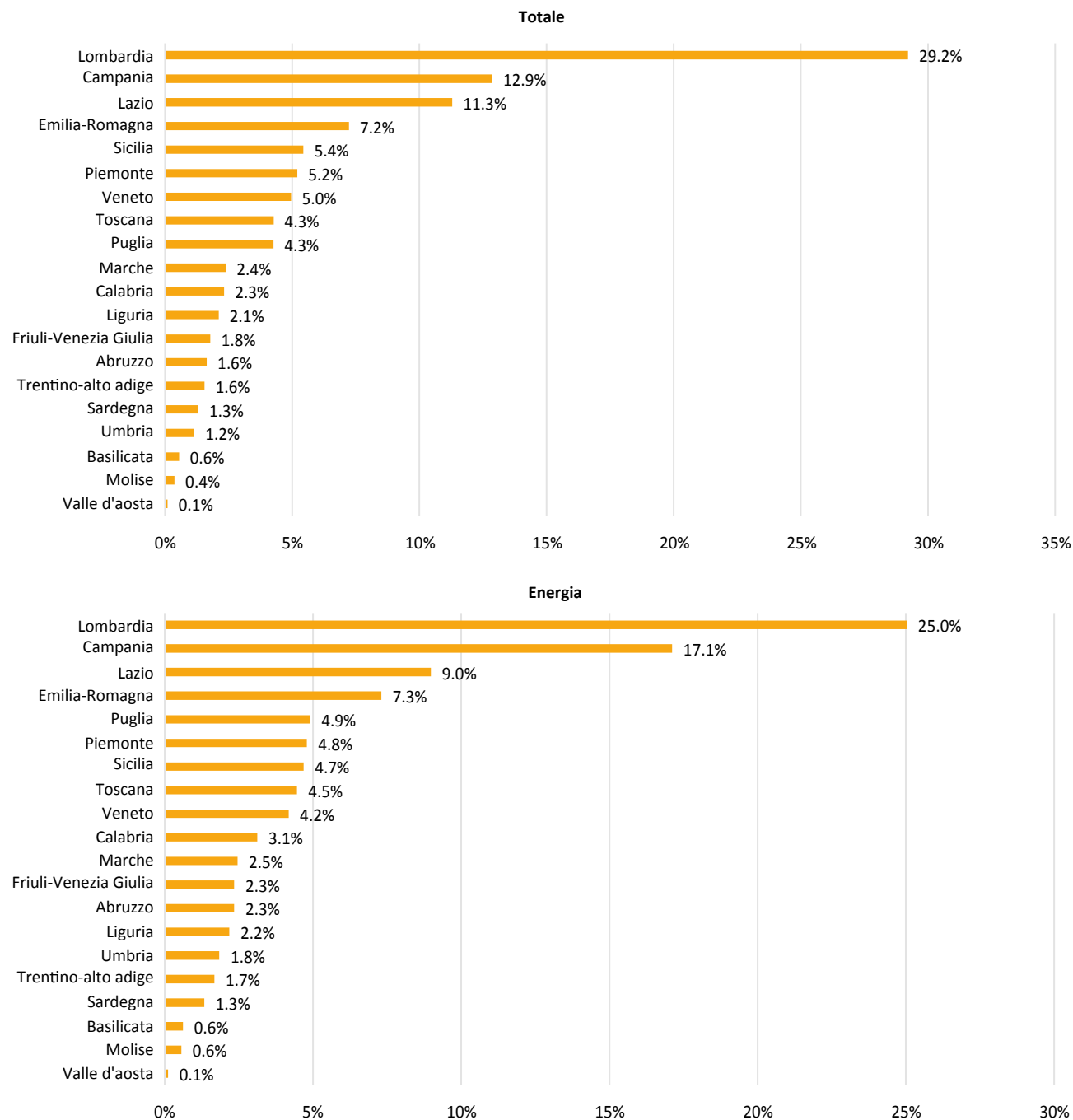
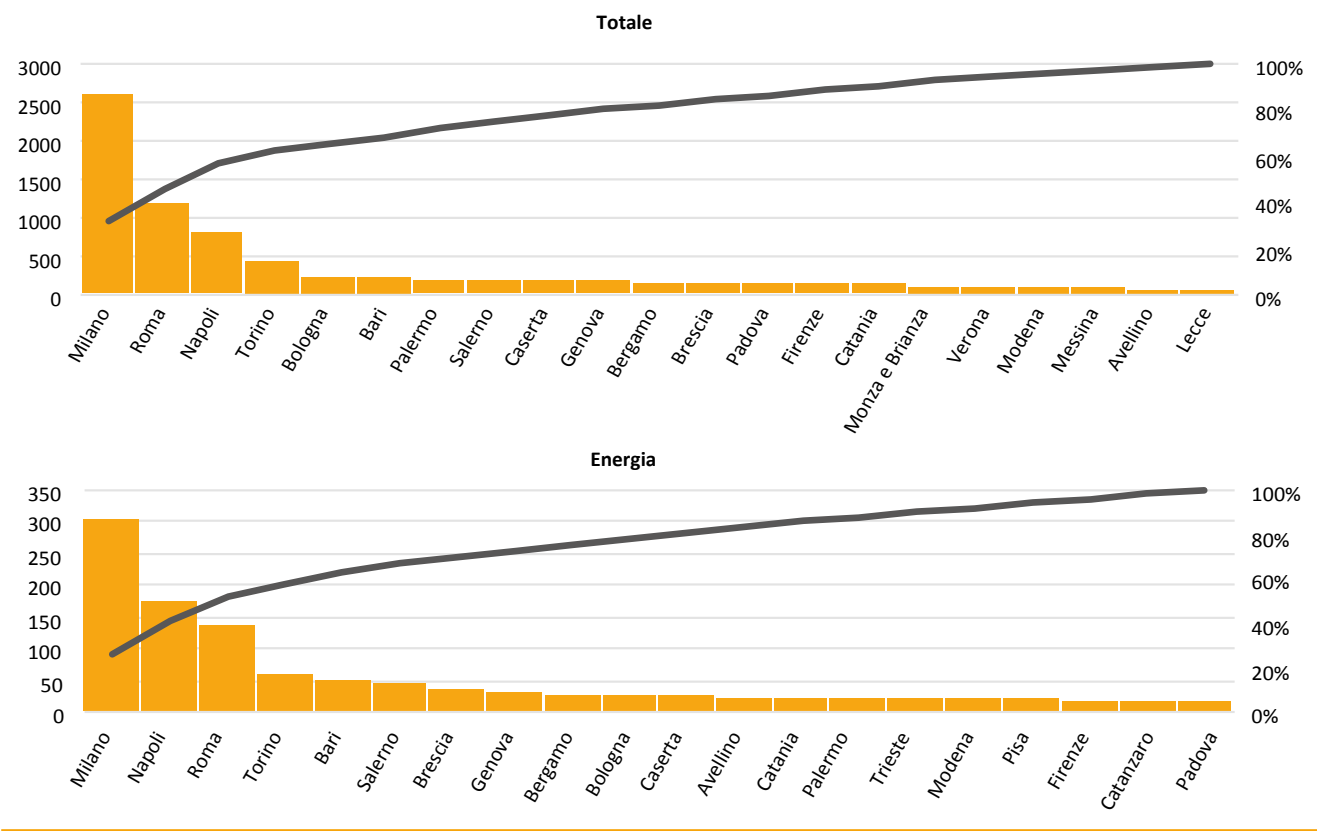


Fig. 9.5: Distribuzione delle start-up su base provinciale
Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



Nel complesso, i grandi centri di aggregazione, caratterizzati da diversità in termini di fattori produttivi e competenze, risultano essere un fattore di attrazione non trascurabile per le start-up, che necessitano di servizi, infrastrutture e capitale umano altamente formato, con competenze specifiche che sono più frequenti in contesti aggregati e vari come questi grandi bacini provinciali.

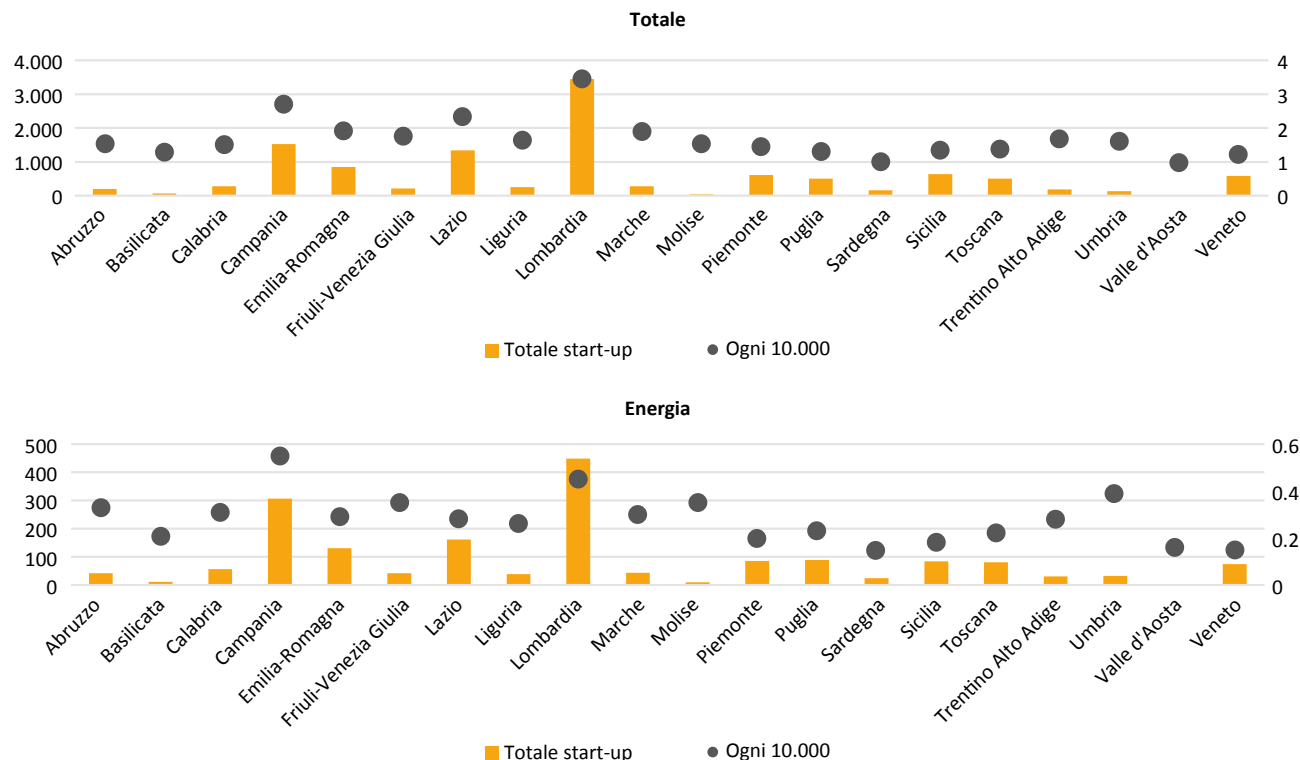
Al fine di avere un quadro più completo dell'analisi geografica e sociale dell'ecosistema delle start-up, risulta necessario prendere in considerazione anche la variabile della popolazione di una determinata area. Infatti, è lecito pensare che, a parità di caratteristiche, un'area più densa, in termini di popolazione,

possa correlarsi a una maggiore presenza di start-up: se si guarda il numero delle imprese innovative per 10.000 abitanti (Fig. 9.6), si osserva che in molti casi lo scenario si ripropone, con Lombardia, Campania e Lazio alle prime tre posizioni. Tuttavia, subito dopo si trovano Regioni che invece contano un numero assoluto di start-up non elevato, ad indice di una maggiore concentrazione per popolazione.

Considerando la totalità delle imprese innovative, la Lombardia rimane l'unica Regione con più di tre start-up ogni 10.000 abitanti (3,43); a seguire la Campania, con 2,73 start-up ogni 10.000 abitanti. I numeri più alti sono poi conquistati da altre Regioni: il Lazio, con 2,33 start-up ogni 10.000 abitanti, registra una

Fig. 9.6: Numero di start-up per Regione, in numeri assoluti e con distribuzione per 10.000 abitanti

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



densità maggiore rispetto al 2025, mentre l'Emilia-Romagna, con 1,91, cala di poco. Seguono le Marche, che già l'anno precedente entravano nei posti alti della classifica, sebbene quest'anno registrino un valore lievemente minore (1,91).

Un quadro maggiormente differenziato viene offerto nel momento in cui la ponderazione per la popolazione viene effettuata per le start-up in ambito energetico: la Campania si riconferma come la prima Regione per densità di start-up energetiche per 10.000 abitanti (0,55); a seguire la Lombardia (0,45). Tuttavia, l'analisi della densità delle start-up energetiche offre risultati di rilievo per Regioni che solitamente non primeggiano: l'Umbria è infatti la terza Regione per densità di start-up energetiche, con 0,39 start-up

ogni 10.000 abitanti. Segue il Molise, che quest'anno si trova a pari merito con il Friuli Venezia-Giulia (0,35). Merita di essere evidenziato che altre Regioni che evidenziano numeri assoluti maggiori, si trovano invece a metà classifica: l'Emilia-Romagna (0,29) e il Lazio (0,28) sono raggiunte o superate in densità di start-up energetiche da altre Regioni minori, come l'Abruzzo (0,33), la Calabria (0,31) e il Trentino—Alto Adige (0,28).

Nel complesso, quello che emerge è che se si considera la densità di popolazione, i risultati mutano: le realtà altamente dinamiche in termini assoluti perdono alcune posizioni se messe a confronto con la popolazione, mentre altre Regioni, specialmente nel settore energetico, evidenziano maggiore densità.

9.4. COMPOSIZIONE PER ATTIVITÀ

Dai dati è possibile ricavare quali siano i settori in cui si concentrano le attività delle start-up innovative (Fig. 9.7). Il settore che risulta essere il più prolifico per le start-up è quello dei servizi, con 10.002 imprese, ovvero quasi l'85% del totale, che registra anche una leggera crescita rispetto al 2025. Seguono, con un modesto calo rispetto all'anno precedente, il settore di industria e artigianato con 1.297 operatori (11%), e quello del commercio con 296 operatori (2,5%). A chiudere, il settore dell'agricoltura e pesca con 72 e del turismo con 69 (entrambi intorno allo 0,6%).

Guardando invece alla classificazione con codici Ateco 2007, con aggiornamento al 2025, i risultati restituiscono un'immagine interessante riguardo le aree specifiche in cui si concentrano le attività delle start-up (Fig. 9.8): più della metà delle aziende analizzate lavorano nel settore informatico, e nello specifico il 41,7% delle start-up si concentra in attività di programmazione informatica. Seguono attività di ricerca sul web (4,6%), consulenza (3,6%) e servizi connessi (3,5%), tutti riconducibili all'area tech. Si distingue un 11,4% di start-up, che si concentra invece su ricerca e sviluppo.

Fig. 9.7: Distribuzione percentuale per settore delle start-up innovative

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

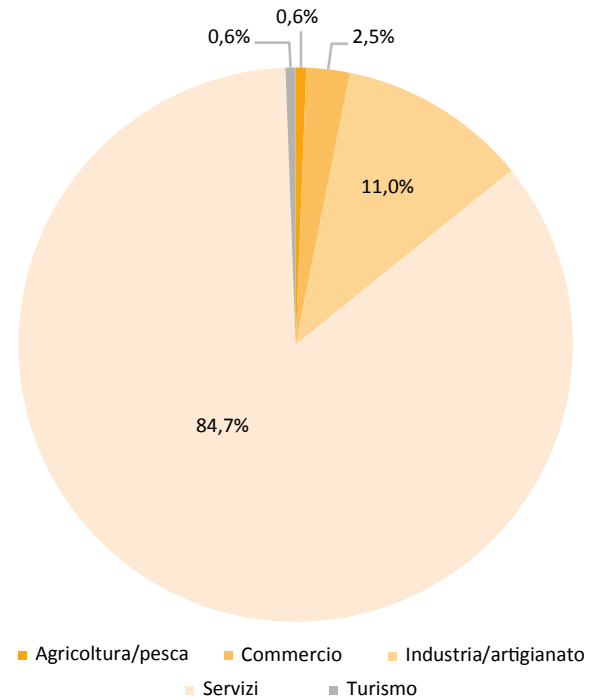
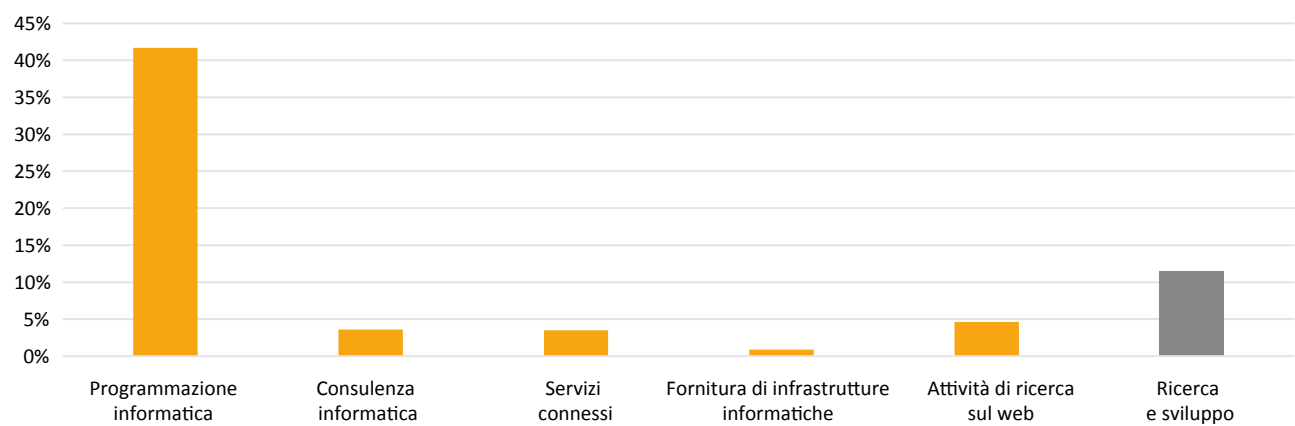


Fig. 9.8: Aree di attività delle start-up

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



9.5. COMPOSIZIONE PER DIMENSIONE

Per definizione, le start-up sono imprese che si trovano in una fase iniziale di sviluppo con l'obiettivo di divenire un'azienda solida in grado di produrre utili. Ciononostante, poiché almeno all'inizio è intrinsecamente presente un elevato livello di rischio, le start-up hanno un minore accesso al credito e quindi possono contare su un livello iniziale di capitale abbastanza limitato.

La maggioranza delle start-up innovative (60%) si caratterizza infatti per avere un capitale inferiore ai 10.000 euro (Fig. 9.9). Da questa soglia in poi la quota di imprese con un capitale maggiore diminuisce in maniera esponenziale; infatti, il 25% detiene un capitale tra i 10.000 e i 50.000 euro, mentre circa il 5% ne detiene tra i 50.000 e i 100.000 euro, fino al 3,5% che caratterizza start-up con dotazioni di capitali maggiori di 250.000 euro. Infine, le imprese innovative che si

caratterizzano per una dotazione di capitale maggiore di 1 milione di euro superano di poco l'1%.

Per le start-up in ambito energetico, la maggior parte (47,5%) si colloca nella classe di capitale dai 5 fino ai 10 mila euro, che registra valori in aumento rispetto al 2025; il 24,3% nella fascia successiva (dai 10 ai 50 mila euro), seguendo per il resto delle classi la stessa tendenza dell'universo generale delle start-up. Aumenta, rispetto all'anno precedente, anche il numero di start-up nella classe inferiore (fino ai 5 mila euro), passando da 12,4% nel 2025 al 13,1% di quest'anno. Di contro, diminuisce, rispetto al 2025, la quota di start-up in ambito energetico distribuite nelle categorie con maggiore disponibilità di capitale: l'anno precedente, la quota di start-up che si collocavano in fasce a partire dai 50 mila euro in su era il 16,8% del totale, mentre quest'anno arrivano al 14%. In prospettiva, quindi, sono aumentate le start-up con capitali di partenza mi-

Fig. 9.9: Distribuzione percentuale delle start-up innovative per classe di capitale

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

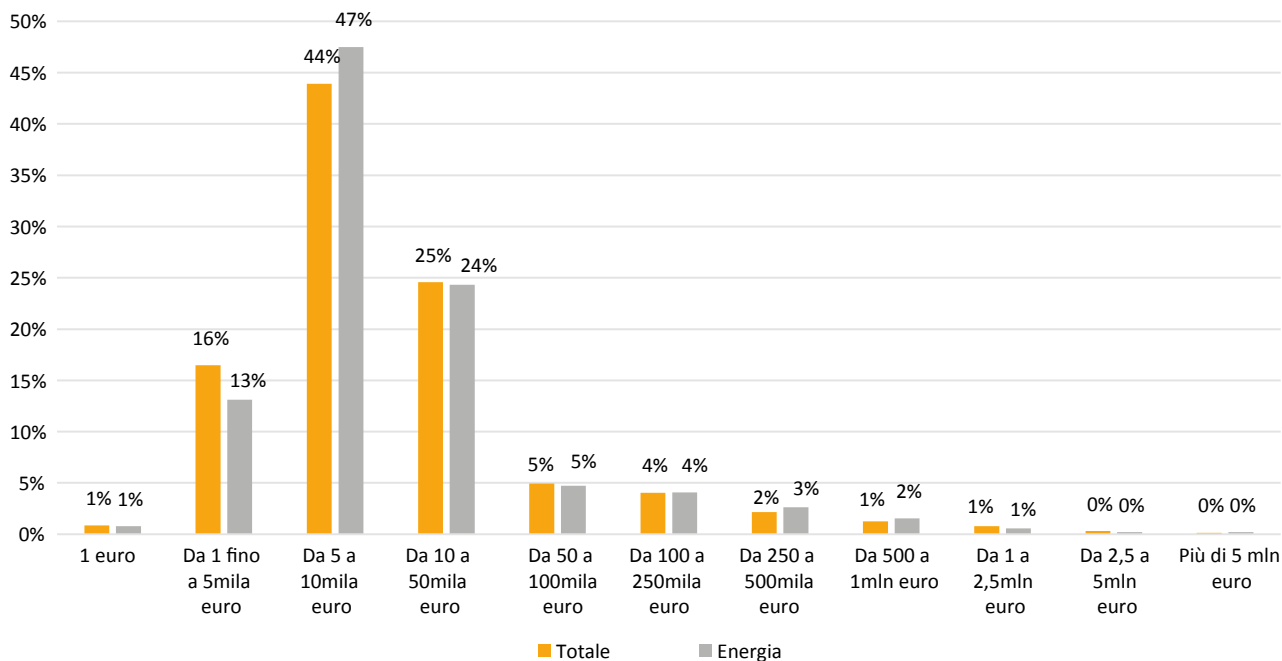
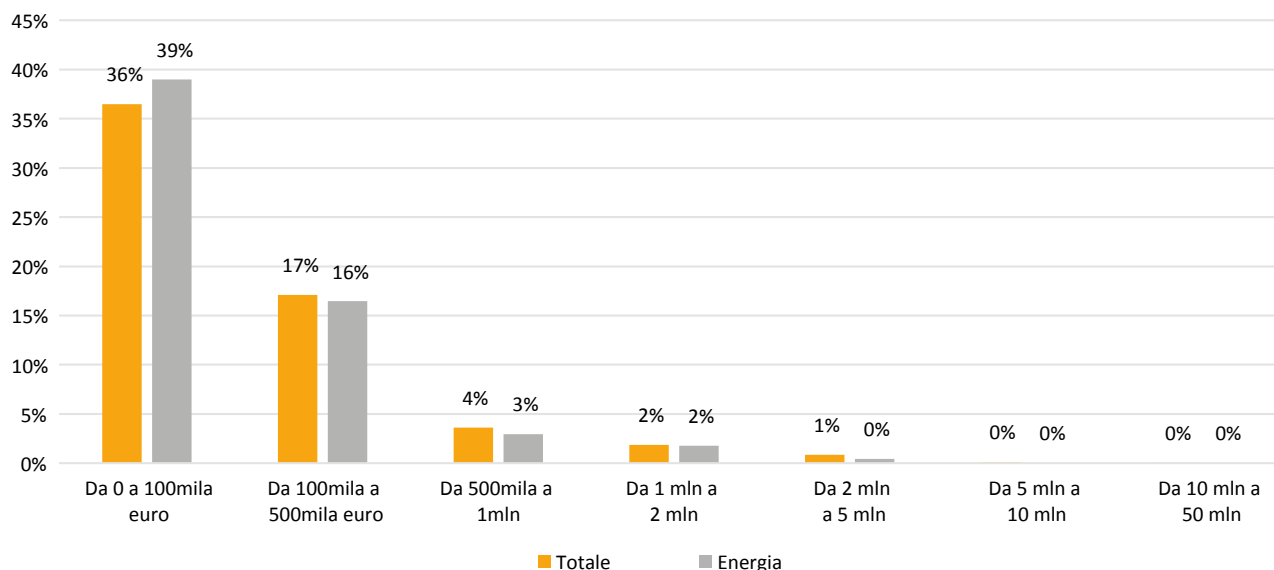


Fig. 9.10: Distribuzione percentuale delle start-up per classe di produzione

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



nori (prevalentemente nella fascia 5-10 mila euro, con un distacco di 2,6 punti percentuali).

L'evidente asimmetria deriva, come accennato, dalla difficoltà strutturale riscontrata da questi operatori nel raccogliere fattore capitale sui mercati: per tale categoria di imprese, il fattore capitale risulta costoso e difficilmente accessibile, e di conseguenza la maggior parte di queste inizia la propria attività con un capitale modesto.

In termini di valore della produzione (Fig. 9.10), la gran parte delle start-up esistenti presenta valori molto contenuti: nello specifico, il 36,5% di queste (4.306) per la totalità delle imprese innovative, generano un valore non superiore ai 100.000 euro, mentre il 17% genera un valore tra i 100.000 e i 500.000 euro (2019 aziende). Al confronto, le start-up innovative in ambito energetico che si collocano nella prima fascia (entro i 100.000 euro) sono il 39% (pari a 699 aziende). Quelle che entrano nella fascia successiva (tra i 100.000 e i 500.000 euro) sono invece il 16,4%

(295) del totale delle imprese energetiche. Per quanto concerne valori di produzione superiori a 500.000 euro, la quota di imprese in questa fascia si ferma al 3,6% per il macroinsieme generale e al 3% per il sottogruppo relativo all'ambito energetico.

Bisogna tuttavia considerare, nella lettura dei dati relativi alla produzione, che circa il 40% delle imprese analizzate (4.719 per la totalità delle imprese innovative, 707 per il comparto energia) non ha reso disponibile i dati relativi alla propria produzione.

Per quanto i dati consentano di tracciare una linea guida relativa all'asimmetria della produzione verso importi contenuti, un'omissione così rilevante deve necessariamente essere considerata ai fini di una trattazione completa.

Appare particolarmente interessante stimare l'impatto e il relativo contributo economico che le start-up innovative hanno avuto nel sistema economico (Tabella 9.1). In assenza di dati puntuali per singola impresa, si è provveduto ad effettuare questa stima utilizzando

il valore di produzione associabile alle start-up grazie alla classificazione per classe di produzione²⁸. L'impatto economico complessivo dell'ecosistema start-up spazia da un minimo che ammonta a 932 milioni – non superando quindi, rispetto al 2025, la soglia simbolica del minimo di 1 miliardo – fino a raggiungere i 3,1 miliardi di euro a livello nazionale: anche il valore massimo è in calo netto rispetto al 2025, registrando una differenza di mezzo miliardo di euro.

A livello di macroaree il fenomeno si mostra decisamente variegato. Il Nord Italia si mostra il maggior produttore di valore, spaziando dai 497 milioni a 1,6 miliardi di euro, ma si tratta di dati che indicano un calo rispetto all'impatto economico prodotto nel 2025. Segue il Sud Italia, che varia tra i 294 milioni (un valore minimo in calo rispetto allo scorso anno) e oltre 1 miliardo di euro. Infine vi è il Centro Italia, che si posiziona in una forchetta dai 140 milioni ai 500 milioni di euro, ma con dati in calo sia per il valore minimo di produzione sia per quello massimo. Per quanto concerne le start-up energetiche, la situazione sembra ricalcare quella dell'ecosistema generale: il valore totale della produzione oscilla tra i 104 milioni e i 374 milioni di euro, ma è possibile notare un calo rispetto alla panoramica dell'anno precedente, e il medesimo schema si ripropone sulle aree geografiche. Il Nord genera una produzione che oscilla

tra i quasi 60 milioni e i 200 milioni di euro, il Sud tra i 30 milioni e i 112 milioni di euro, e infine il Centro tra i 13 milioni e i 60 milioni di euro: tutte e tre le macroaree segnano una decrescita rispetto allo scorso anno, ma per il Centro questa contrazione è meno marcata rispetto alle altre macroaree. Risulta inoltre utile e rilevante differenziare le impre-

Tab. 9.1: Stima dell'impatto economico

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

Valore di produzione stimato			
		Minimo assoluto	Massimo assoluto
Campione complessivo	Nord	497.203.653	1.610.500.000
	Centro	140.401.412	503.400.000
	Sud	294.802.021	1.006.200.000
	Italia	932.407.086	3.120.100.000
Start-up energetiche	Nord	59.800.531	201.800.000
	Centro	13.700.203	60.300.000
	Sud	30.500.353	112.300.000
	Italia	104.001.087	374.400.000

28 Dal punto di vista metodologico, per ottenere una stima dell'impatto economico delle start-up si è proceduto in questo modo: per ciascun range di valore di produzione si ottiene un valore di produzione minimo e massimo moltiplicando il numero di imprese presenti in quel range per il valore minimo e quello massimo del range osservato. Sommando i valori così ottenuti per ciascuna classe, si ottengono un valore totale minimo ed un valore totale massimo. In formula:

$$\sum_{i=1}^7 \min_i \cdot f_i = \text{MIN}_{\text{ass.}}$$
$$\sum_{i=1}^7 \max_i \cdot f_i = \text{MAX}_{\text{ass.}}$$

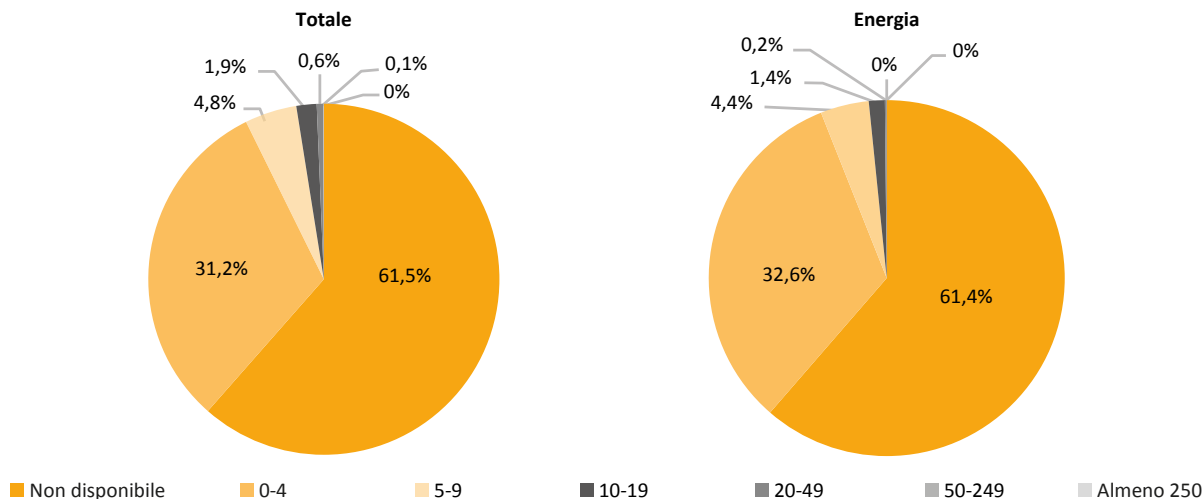
• Dove f_i indica la frequenza assoluta di start-up innovative nella classe di produzione, che sono sette in totale: 0-100.000 euro, 100.001 – 500.000 euro, 500.001 – 1.000.000, 1.000.001 -2.000.000 euro, 2.000.001-5.000.000 euro, 5.000.001 –10.000.000 euro, 10.000.001-.

• $\min_i$ è il minimo assoluto della classe di produzione, è il corrispondente massimo della medesima classe di produzione.

Si considerano soltanto le imprese innovative di cui si ha l'informazione sulle classi di produzione di appartenenza (8.020 unità, il 65% del campione), che rende la stima chiaramente sottostimata ma più attendibile per l'insieme di imprese di cui si ha informazione. Quindi si ottiene una stima del range (minimo assoluto e massimo assoluto) all'interno del quale si troverà il reale valore complessivamente prodotto da quelle start-up esistenti a fine aprile 2026.

Fig. 9.11: Distribuzione percentuale per classe di addetti

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



se innovative in base alla loro classe dimensionale (Fig. 9.11).

3.684 start-up, ovvero il 31,2% del totale, sono composte al massimo da quattro lavoratori, mentre quelle di dimensione superiore non arrivano complessivamente all'8%, di cui il 4,8% contano tra i 5 e i 9 dipendenti.

È da notare che la maggioranza delle imprese, precisamente il 61% del totale, non ha reso disponibile tale dato, anche se i parametri forniscono una traccia molto importante sulla dimensione delle imprese innovative. In particolare, l'ordine di grandezza preponderante delle start-up risulta essere molto piccolo, con una quota via via decrescente di start-up che contano più dipendenti.

Ciò sembra riconfermarsi per quanto riguarda le imprese relative all'energia che si caratterizzano per una quota di dati non disponibili sempre maggioritaria rispetto al totale (sempre pari al 61%), mentre la quota di start-up energetiche con un massimo di 4 dipendenti rispecchia quasi esattamente la situazione dell'intero universo start-up (32,6%), con una quota

minore di imprese sopra i 5 dipendenti (5%).

Analogamente a quanto è stato fatto per conoscere l'impatto economico delle start-up innovative sull'economia italiana, si è ritenuto opportuno valutare anche l'impatto in termini occupazionali sul mercato del lavoro italiano (Tabella 9.2). Si è proceduto con la stessa metodologia sopra descritta, così da ottenere un valore minimo e massimo assoluto, con i quali si ottiene l'intervallo entro il quale ricade l'impatto occupazionale dell'ecosistema delle start-up innovative. Inoltre, risulta opportuno notare che si considerano soltanto le imprese innovative di cui si conosce la classe dimensionale (4.547 imprese, il 38,5% del campione), omettendo quelle che non presentano il dato: l'analisi si basa quindi su un campione parziale, ma restituisce un'immagine chiara e interessante per quella concentrazione di imprese di cui si conosce la categoria dimensionale.

Dalle stime eseguite è possibile notare come il Nord si confermi la macroarea con il maggior impatto in termini occupazionali, spaziando da 5.439 a 15.154 unità; segue il Sud con valori tra i 3.199 e i 9.035 ed

infine il Centro, tra i 1.856 e i 5.194. Tutte e tre le macroaree evidenziano una lieve variazione rispetto ai valori dell'anno precedente: i valori minimi sono in rialzo, mentre il massimale è minore rispetto al 2025. Lo schema generale si ripete anche per le imprese energetiche, con il Nord che si attesta su valori occupazionali che oscillano tra le 690 e le 1.857 unità, il Sud tra i 397 e i 1.207 ed infine il Centro tra i 213 e i 628. Anche per questa sottocategoria di start-up il Settentrione sembra performare in maniera migliore rispetto alle altre macroaree, e si riscontrano valori minimi più alti rispetto al 2025 per tutte e tre le macroaree.

Un ulteriore aspetto meritevole di approfondimento è valutare se l'ecosistema delle start-up innovative abbia un effetto sulle categorie di persone considerate maggiormente vulnerabili nel mercato del lavoro, e in generale, nel contesto sociale contemporaneo. Viene analizzato quindi quanto queste realtà siano in grado di stimolare l'imprenditoria femminile da un

lato e di attrarre i giovani dall'altro.

Analizzando l'impatto delle startup innovative in termini di occupazione e imprenditoria femminile (Fig. 9.12), il quadro si presenta abbastanza critico: dai dati risulta che solo il 14% (1.554 unità) del totale delle start-up innovative è complessivamente a maggioranza femminile, contando quindi le imprese la cui quota di donne tra soci e amministratori è almeno del 50%. Tale dato, oltre a evidenziare come le donne siano ancora poco incluse nel processo di innovazione dell'ambiente delle start-up, non è migliorato rispetto al 2025, suggerendo anzi una contrazione della presenza femminile nel panorama imprenditoriale delle start-up. Scendendo nel dettaglio, ad avere una incidenza del numero di dipendenti di sesso femminile tra il 50% e maggiore del 66% è il 7% (787 unità) dell'intero universo start-up, mentre ad essere a conduzione e gestione esclusiva delle lavoratrici è invece circa il 4,2% del totale delle imprese innovative (468 unità).

Per quanto concerne le start-up innovative in ambito energetico, si ripropongono percentuali di composizione molto simili a quelle viste per l'universo delle start-up. Ad esempio, solo il 16,7% (283 unità) tra le start-up innovative in ambito energetico è complessivamente a maggioranza femminile, un dato anch'esso in calo rispetto all'anno precedente. Nel complesso, quindi, dai dati emerge un'inclusione del genere femminile molto povera nell'ecosistema delle start-up, che non riesce nemmeno a raggiungere la quota simbolica del 20%.

Tuttavia, guardando la distribuzione regionale del rapporto tra start-up con prevalenza femminile sul totale delle start-up presenti in una Regione, i dati restituiscono un quadro differente rispetto alle tendenze espresse precedentemente (Fig. 9.13): la Regione con la maggiore incidenza di start-up femminili sul totale è la Calabria, in cui il 17,9% delle start-up presenti sul territorio è a maggioranza femminile. Seguono la Valle d'Aosta (16,7%) e l'Umbria (16,2%).

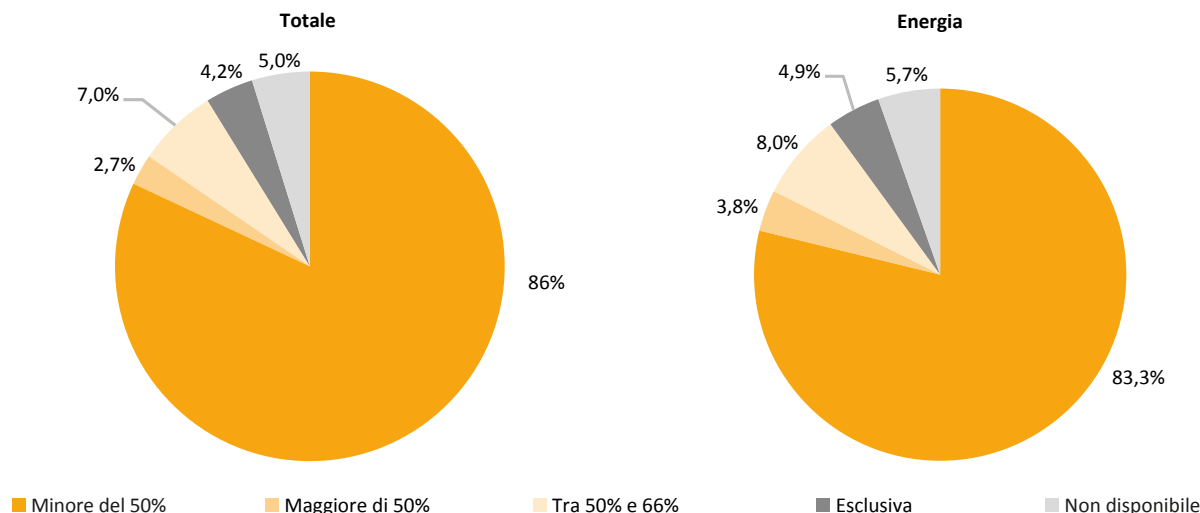
Tab. 9.2: Stima dell'impatto occupazionale

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

Occupazione stimata			
		Minimo assoluto	Massimo assoluto
Campione complessivo	Nord	5.439	15.154
	Centro	1.856	5.194
	Sud	3.199	9.035
	Italia	10.494	29.383
Start-up energetiche	Nord	690	1.857
	Centro	213	628
	Sud	397	1.207
	Italia	1.300	3.692

Fig. 9.12: Distribuzione percentuale della presenza femminile nell'universo start-up

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



Viceversa, i dati peggiori si rilevano in Liguria (10,4%), Basilicata (10,8%) e, sorprendentemente, in Lombardia, in cui solo 380 aziende, su un totale regionale di 3449 (ovvero l'11%), presentano almeno il 50% di quota femminile.

Anche considerando il campione ristretto delle start-up in ambito energetico, a prevalere sono le Regioni del Centro e del Sud. In particolare, le percentuali di composizioni più elevate sono ravvisabili in Basilicata (27,3%), che ribalta il risultato delle start-up generali e segna un rilevante passo avanti rispetto ai risultati del 2025; è seguita dall'Abruzzo (26,2%), Sardegna (25%), Calabria (21,4%) e Lazio (20,5%). La Campania, solitamente in alto nelle posizioni relative alle start-up energetiche, non registra invece una componente femminile altrettanto elevata per questo settore. La Regione con i risultati peggiori, invece, risulta la Valle d'Aosta, che si riconferma anche quest'anno l'unica Regione a non avere nessuna start-up in ambito energetico con almeno una quota del 50% di donne tra soci e amministratori.

Riguardo la presenza giovanile (Fig. 9.14), prenden-

do in considerazione i dati disponibili sul totale delle start-up innovative, solo il 15,4% presenta una quota -tra soci e amministratori- a maggioranza under 35. Si tratta di una percentuale che decresce ulteriormente per quel che riguarda il campione ristretto alle imprese attive nell'ambito energetico, dove solo il 10,7% delle unità di start-up è a prevalenza giovanile -un valore in ulteriore calo rispetto al 2025, in cui la presenza giovanile si attestava al 14,5% delle start-up energetiche analizzate.

Guardando alla distribuzione regionale di start-up a prevalenza giovanile (Fig. 9.15), i valori più elevati sono in realtà distribuiti in modo eterogeneo, con anzi un baricentro verso il Centro-Sud: se il Piemonte registra il dato più alto riguardo la presenza di under 35 (20,4%), le posizioni immediatamente successive sono occupate da Toscana (18,8%), Basilicata (18,5%), Marche (18,4%) e Molise (18,2%). Le tre maggiori Regioni in termini assoluti di start-up (Lombardia, Lazio e Campania) non registrano invece valori di rilievo per quanto riguarda la presenza giovanile, che restano intorno al 14-16%. Si piazzano invece in fondo alla

Fig. 9.13: Distribuzione su base regionale della presenza femminile nell'universo start-up

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

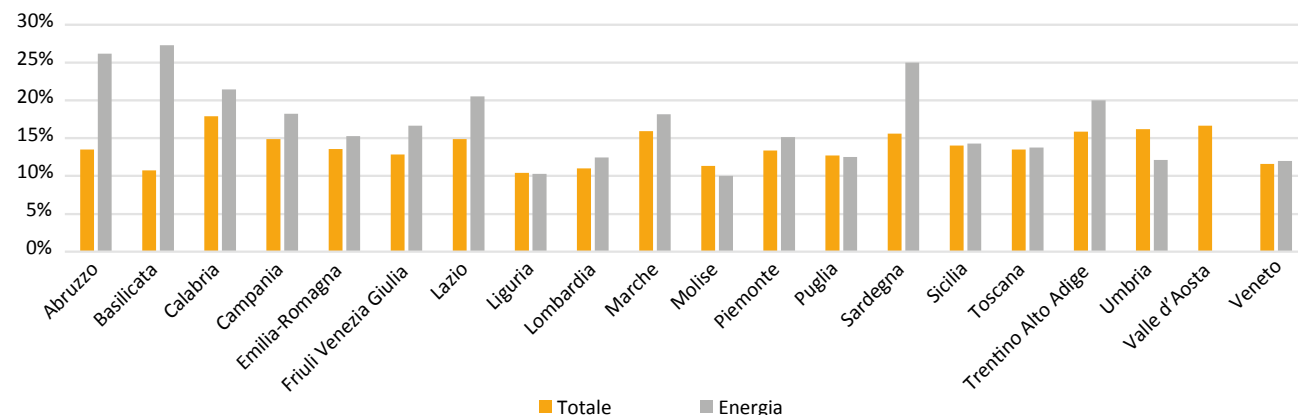
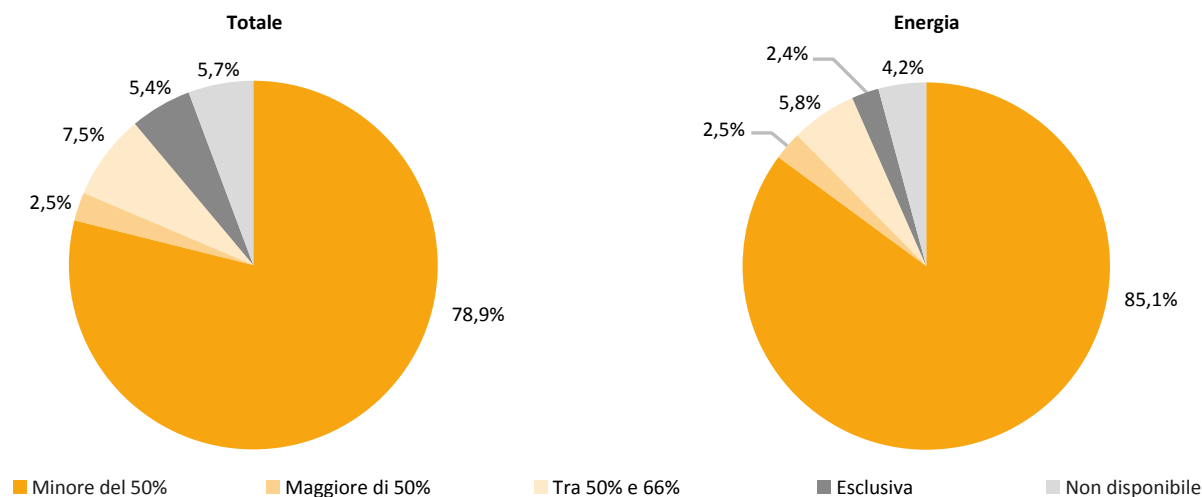


Fig. 9.14: Distribuzione percentuale della presenza giovanile nell'universo start-up

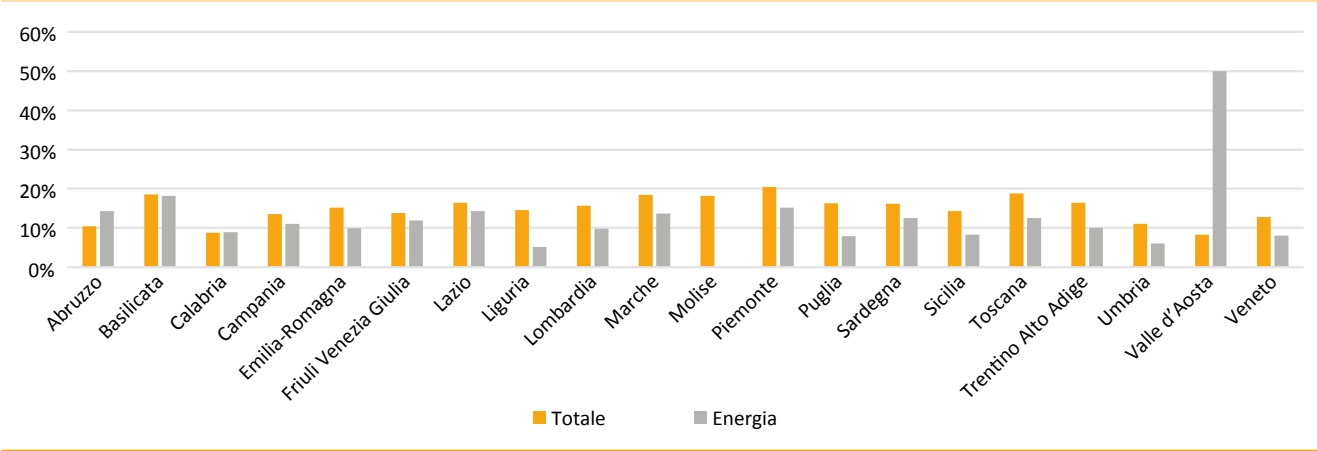
Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



classifica, in modo simile all'anno precedente, la Valle d'Aosta (8,3%), la Calabria (8,8%), e l'Abruzzo (10,4%). Con riferimento alle start-up innovative in ambito energetico, in prima posizione si colloca paradossalmente la Valle d'Aosta, poiché una delle sole due start-up energetiche risulta a maggioranza giovanile, risultando quindi nel 50% del totale. Seguono la

Basilicata (18,2%), Piemonte (15,1%), Lazio e Abruzzo con 14,3%, mostrando una distribuzione eterogenea. Nelle ultime posizioni troviamo invece il Molise, che non registra nessuna start-up in ambito energetico con almeno il 50% di presenza giovanile; seguono la Liguria (5,1%), l'Umbria (6,1%), Puglia e Veneto con l'8%.

Fig. 9.15: Distribuzione su base regionale della presenza giovanile nell'universo start-up
Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



9.6. L'ATTIVITÀ BREVETTUALE

Uno fra i requisiti che una start-up può soddisfare per essere definita come innovativa è il fatto che risulti essere titolare, depositaria o licenziataria di almeno un brevetto o titolare di un software registrato. Rispetto all'attività innovativa delle start-up, dall'analisi dei dati a disposizione (Fig. 9.16), risulta che il 17,6% delle start-up innovative nel complesso (2.075

unità) sia in possesso di almeno un brevetto depositato e/o un software registrato. Una maggiore propensione all'attività brevettuale è rilevata dalle start-up innovative in ambito energetico, che appaiono più innovative rispetto al totale: risulta, infatti, che il 22,5% (404 aziende) abbia svolto una intensa attività innovativa tradottasi nel deposito di un brevetto o nella registrazione di un software. Con riferimento alle attività (Fig. 9.17), sul totale del-

Fig. 9.16: Attività brevettuale del totale delle start-up e di quelle in ambito energetico
Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

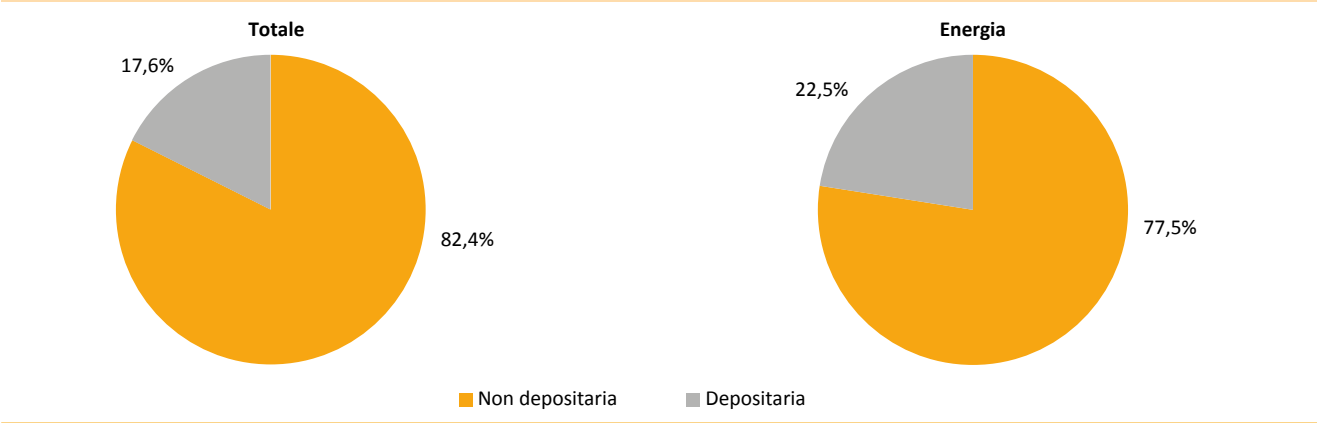
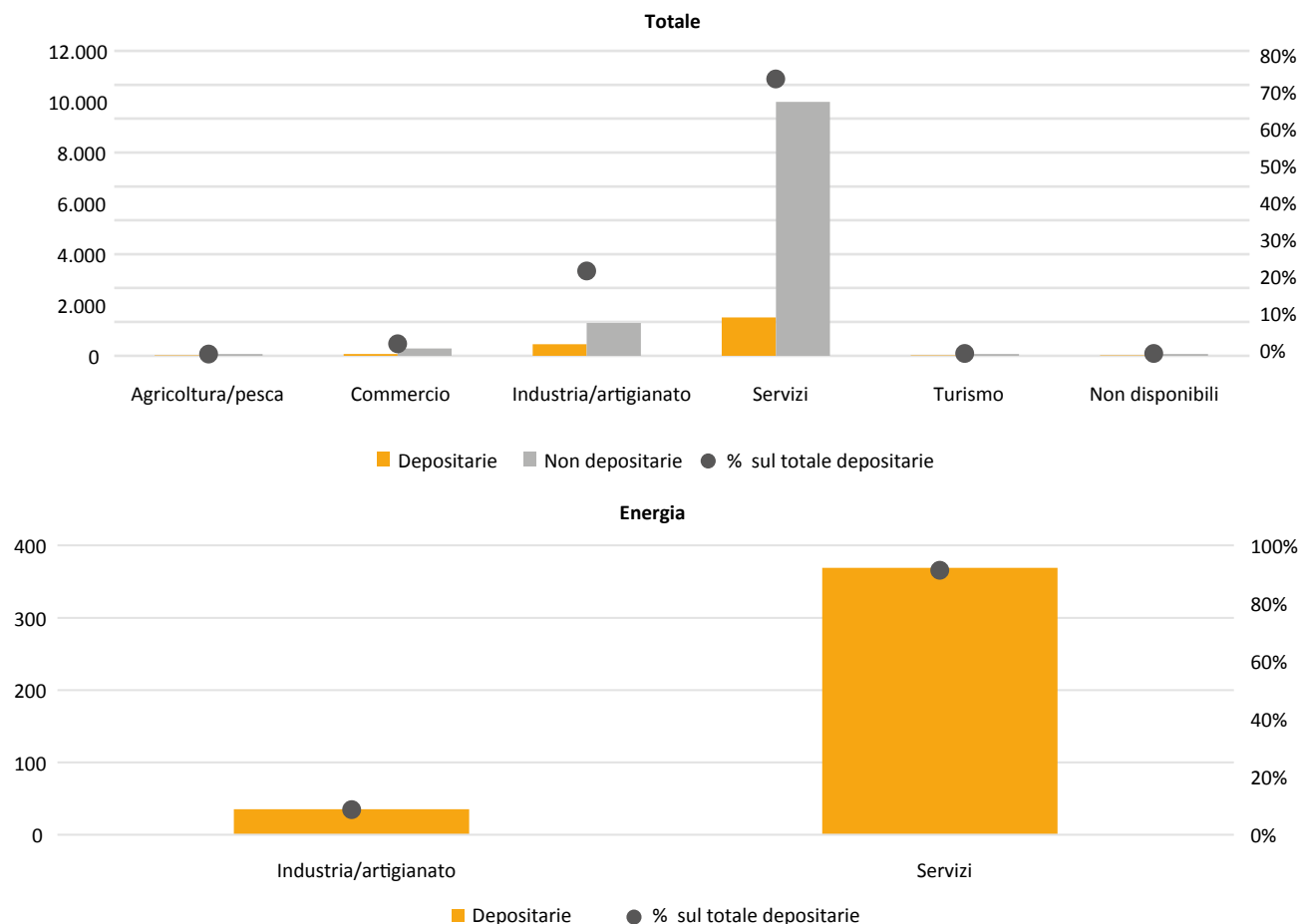


Fig. 9.17: Attività brevettuale per settore, in numeri assoluti e in percentuale sul totale di start-up depositarie

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)

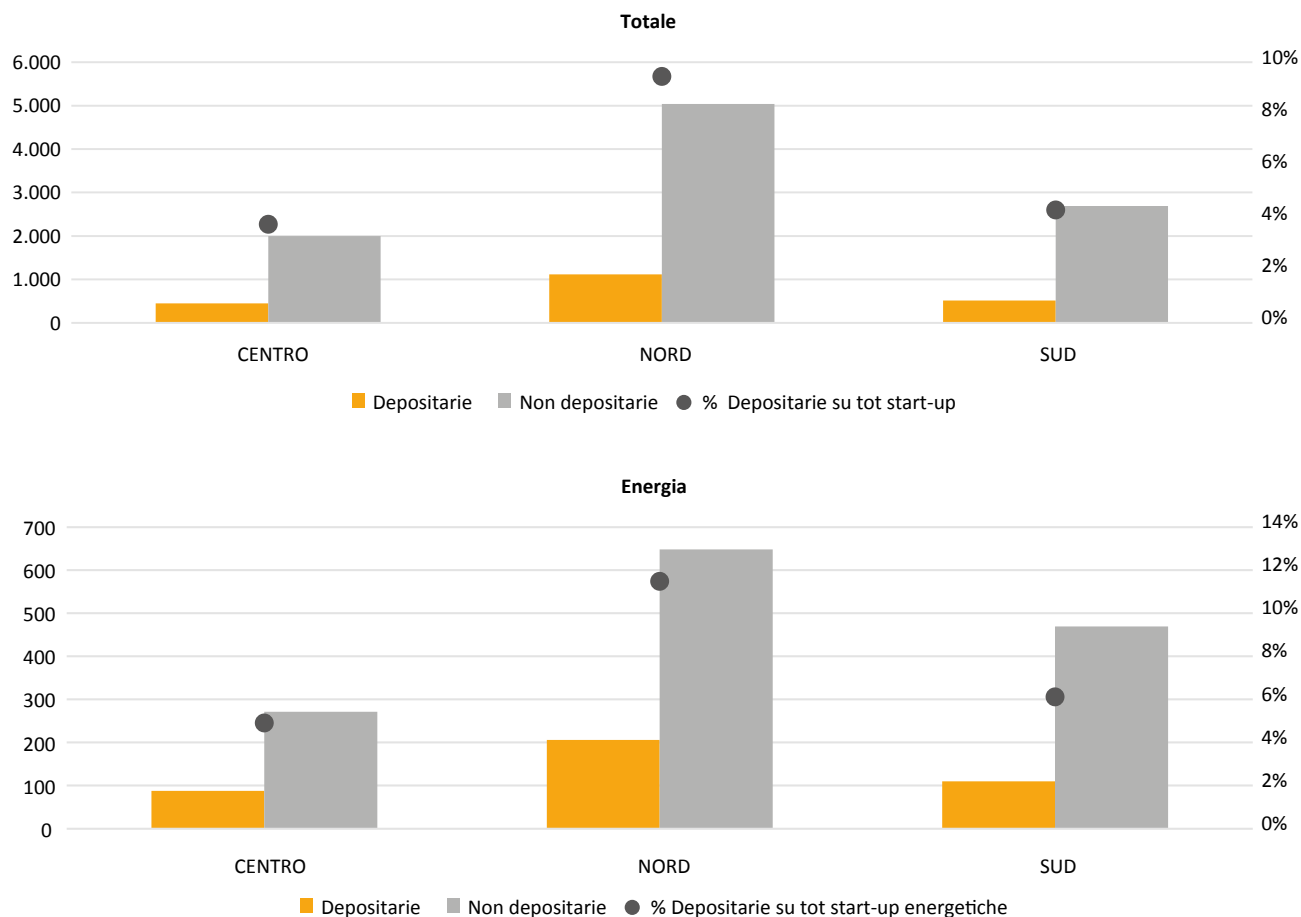


le start-up depositarie, il 72,7% (1.509 unità) opera nel settore dei servizi; seguono poi il settore industriale con il 22,3% (462 unità), e il settore del commercio con il 3,3% (69 unità). Rispetto al settore delle start-up innovative in ambito energetico che possiedono un brevetto o un software, prevalgono anche in questo caso le start-up nel settore dei servizi (91%), con 369 aziende su un totale di 404 depositarie. Le restanti 35 start-up energetiche che hanno presentato un brevetto rappresentano il 9% del campione restante, relativo al settore industria/artigianato.

Analizzando la propensione alla brevettazione in termini di collocazione geografica (Fig. 9.18), sia considerando la totalità delle imprese innovative che il sottocampione relativo alle start-up innovative in ambito energetico, il Nord presenta ancora i valori più elevati. Infatti, se consideriamo il campione totale, il Settentrione ha il dato assoluto maggiore con 1.117 imprese innovative che hanno depositato un brevetto, segue poi il Sud (511) e il Centro (447). Queste ripartizioni si ripropongono anche per le start-up in ambito energetico, in cui il

Fig. 9.18: Attività brevettuale per area geografica, totale start-up e start-up in ambito energetico

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



Nord ospita il 51% delle aziende energetiche depositarie di brevetti, mentre la restante metà è divisa tra Sud (27,2%) e Centro (21,8%). In termini di incidenza delle depositarie rispetto al totale assoluto delle start-up innovative, le aziende del Nord coprono il 9,5% del totale, quelle del Sud il 4,3%, mentre il dato di imprese depositarie nel Centro è pari a 3,8%. Con riferimento alle start-up in ambito energetico, le tendenze sono simili: il Nord ospita l'11,5% delle aziende depositarie sul totale assoluto del settore energetico, il Sud il 6,1% e il Centro il 4,9%.

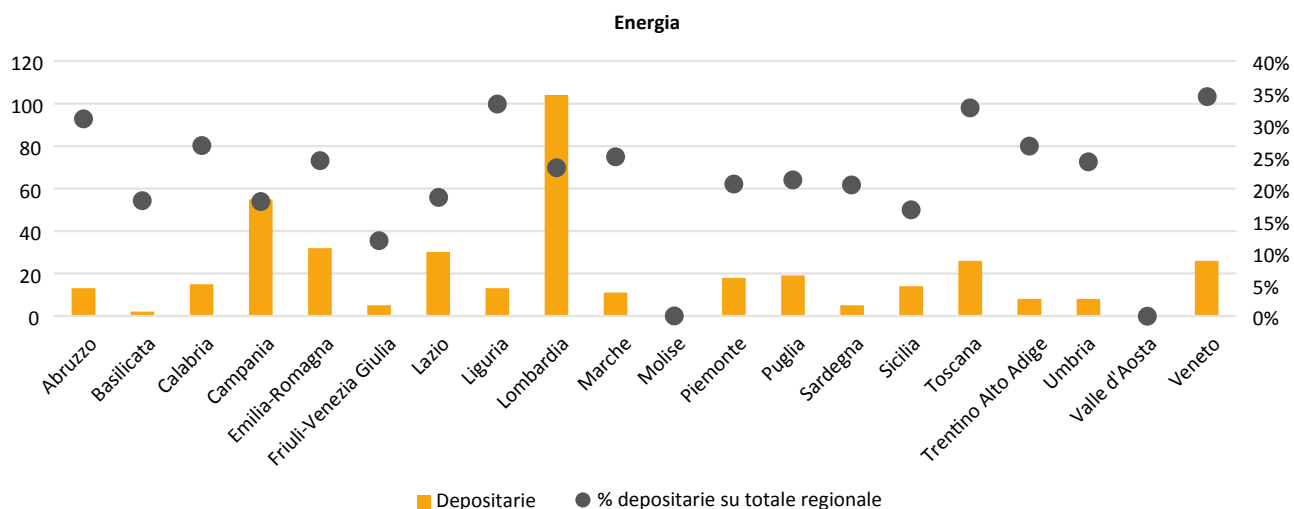
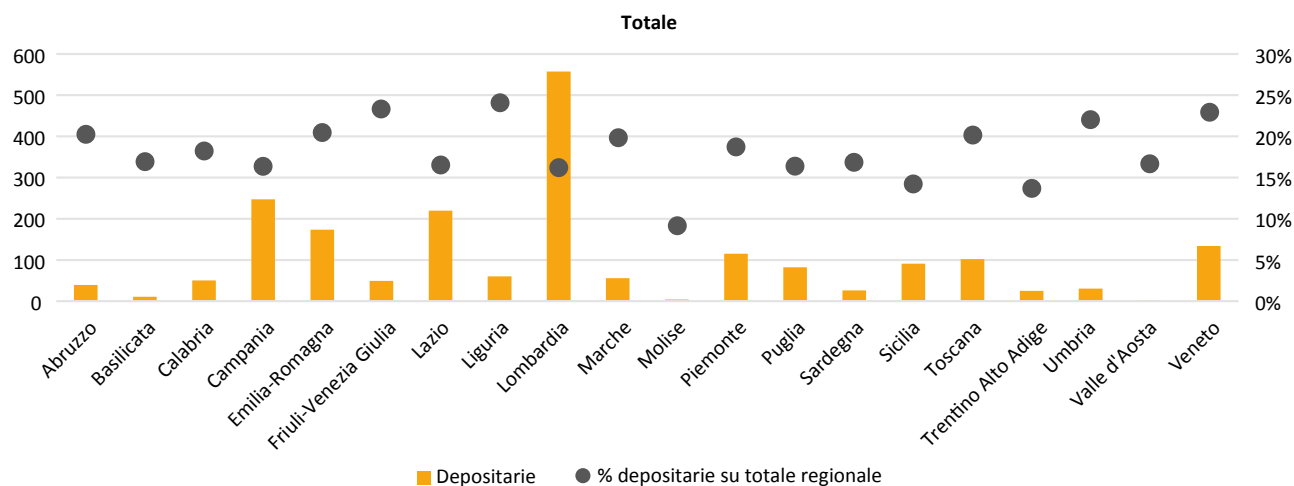
A livello regionale, la Lombardia si conferma ancora in testa, con 558 imprese totali depositarie di brevetto o software. Insieme alla Lombardia, nelle prime posizioni del campione totale, si ripresentano -in ordine- Campania, Lazio (rispettivamente 247 e 220 start-up) ed Emilia-Romagna (174); analogamente, nel sotto-campione delle startup depositarie in ambito energetico, la Lombardia vanta 104 start-up depositarie in ambito energetico, mentre a distanza seguono la Campania (55), l'Emilia-Romagna (32) e il Lazio (30). Tuttavia, anche in questo caso risulta opportuno guar-

dare all'incidenza relativa – intesa come il rapporto tra il numero di start-up con brevetto o software in una data Regione ed il numero complessivo di start-up esistenti in quella stessa Regione (Fig. 9.19). La prima Regione per densità di start-up depositarie di brevetti sul totale regionale è la Liguria, in cui il 24,1% delle aziende presenti sul territorio è depositaria; segue il Friuli Venezia-Giulia (23,3%), il Veneto (22,9%)

e l'Umbria (22,1%). Lombardia, Lazio e Campania si attestano invece su una media di 16,3% di start-up innovative sul totale regionale. Con riferimento alle start-up energetiche, le tre Regioni più virtuose per l'incidenza di start-up depositarie sul totale regionale sono il Veneto (34,7%), la Liguria (33,3%) e la Toscana (32,5%), mentre Lombardia, Lazio e Campania si attestano su valori più modesti, dal 19% al 24%.

Fig. 9.19: Attività brevettuale su base regionale, totale start-up e start-up in ambito energetico

Fonte: InfoCamere (dati aggiornati al primo trimestre 2026)



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'innovazione rappresenta un elemento fondamentale per la dinamica e la sostenibilità dei sistemi economici moderni, rappresentando il principale motore di crescita economica a lungo termine e di trasformazione strutturale delle economie.

L'attività brevettuale che, a sua volta è un buon indicatore del grado di innovazione, nel 2024 mostra una crescita moderata ma solida (+2,8% sul 2023), confermando il trend positivo di lungo periodo (CAGR 2010-2024 del 5,2%) e la sostanziale immunità del fenomeno innovativo agli shock, inclusa la pandemia. La Cina consolida la propria leadership assoluta, superando per la prima volta il milione di brevetti concessi in un anno e arrivando a detenere il 45% del totale mondiale, mentre quasi tutti gli altri Paesi (Italia inclusa, -6,7%) registrano un calo, con le sole eccezioni di Cina e India.

Il comparto energetico si conferma particolarmente dinamico, con una crescita nel 2024 (+14,8%) ben superiore a quella dei brevetti totali, e un'incidenza sul totale mondiale tornata sopra il 6%, vicina ai massimi storici. Anche qui la spinta è quasi interamente cinese (+36% annuo), mentre Giappone e Stati Uniti proseguono un declino strutturale iniziato rispettivamente nel 2017 e prima ancora, e la Corea del Sud consolida il sorpasso sugli USA avviato nel 2021.

Questa dinamica generale trova conferma, e si accentua ulteriormente, nel sottoinsieme Y02E dei brevetti per la riduzione delle emissioni: qui la Cina arriva a detenere il 59% del totale (dal 4,8% del 2010), imponendosi in pressoché tutte le categorie tecnologiche, mentre USA e Giappone scendono sotto i livelli del 2010 (-26% e -33%) e l'Europa perde ogni specializzazione tecnologica riconoscibile.

Il calo puntuale del 2024 rispetto a un 2023 particolarmente favorevole (-13%) va letto con cautela, potendo riflettere sia un ritardo fisiologico di registrazione sia un effetto base statistico.

L'Italia, pur restando marginale a livello globale in tutti e tre i livelli di analisi, mostra segnali di maturazione del proprio sistema innovativo interno: diversificazione tecnologica crescente e progressiva industrializzazione dell'attività brevettuale, con le imprese che soppiantano gli individui come principali soggetti innovatori.

Il quadro che emerge a tutti i livelli – brevetti totali, energetici in senso lato e specificamente orientati alla riduzione delle emissioni – è quello di una polarizzazione crescente dell'innovazione mondiale attorno alla Cina, con implicazioni rilevanti per la competitività tecnologica futura di Stati Uniti ed Europa nella transizione energetica.

L'analisi di lungo periodo dell'innovazione brevettuale energetica italiana evidenzia una fragilità di fondo: la forte dipendenza dagli incentivi pubblici. I picchi brevettuali del 2008-2012 coincidono con le fasi di massima generosità di Conto Energia e Certificati Verdi, mentre il loro ridimensionamento nel 2013-2014 ha prodotto un crollo speculare dell'attività innovativa. Ne derivano portafogli brevettuali "di ciclo", accumulati durante le fasi incentivate ma spesso privi della massa critica necessaria per essere sfruttati commercialmente a regolazione conclusa. Fanno eccezione i comparti sostenuti da driver di mercato sovranazionali – bioenergia, cattura della CO₂ e idrogeno/elettrolisi – la cui continuità innovativa dipende da dinamiche europee (EU-ETS, Hydrogen Strategy) più che da policy nazionali.

Un secondo nodo critico è il divario tra numerosità brevettuale (l'Italia è quarta in Europa nelle tecnologie Y02E) e reale capacità industriale: si brevetta nel fotovoltaico, nell'eolico e nelle batterie senza però disporre di produzione competitiva a valle.

Fanno eccezione realtà come De Nora, Magaldi e Ansaldo, accomunate da strategie brevettuali di lungo corso, mercati globali non incentivo-dipendenti e capacità di presidiare standard tecnici internazionali.

Le quote italiane sui brevetti mondiali Y02E restano marginali (circa 1-2% nei settori residuali), pur celando competenze di nicchia autentiche. La crescita del +14% dei brevetti italiani 2010-2024 è coerente con un'attività concentrata nel periodo 2013-2018 su bioenergia, CCS e idrogeno, mentre resta conclamata l'assenza italiana nelle tecnologie di sistema e nell'elettronica di potenza, dominio di Cina e Corea. I dati più recenti suggeriscono un riposizionamento verso idrogeno verde, CCS e circolarità delle materie critiche.

L'industria energetica italiana presenta poli di eccellenza reale – elettrochimica, ingegneria di processo, biomasse avanzate, solare termodinamico – circondati da innovatori frammentati che seguono il ciclo degli incentivi senza consolidare posizioni durature. La sfida per il prossimo decennio è trasformare queste nicchie in piattaforme industriali scalabili, sfruttando gli strumenti europei di nuova generazione (NZIA, European Hydrogen Bank, Innovation Fund) per completare quella fase di industrializzazione mancata negli anni 2010.

L'analisi brevettuale nella mobilità elettrificata conferma una polarizzazione tecnologica e geografica sempre più marcata. L'energy storage si consolida come tecnologia dominante a livello globale, coprendo ormai il 62% dei brevetti considerati (+15 p.p. sul 2015), mentre i veicoli ibridi perdono terreno (-16 p.p.) a fronte dell'avanzata dei veicoli elettrici, unica categoria – insieme all'energy storage – a mostrare tenuta anche nel rallentamento congiunturale 2023-2024 (-17,2% il dato aggregato, mitigato da un +3,2% per l'elettrico puro). Questo segnale, seppur da dati ancora provvisori, indica una transizione tecnologica di fondo verso

l'elettrico che resiste alle oscillazioni cicliche.

Sul piano geografico, la Cina realizza la trasformazione più impressionante del panorama competitivo: da un ruolo marginale nel 2015 (225 brevetti, 4% di quota) al dominio quasi assoluto nel 2024 (3.397 brevetti, 38% di quota, +1.410%), sostituendo il Giappone come leader in quasi tutte le tecnologie, con la sola eccezione dell'idrogeno dove prevale la Corea del Sud. Il Giappone, all'opposto, subisce il tracollo più netto (-41% in valore assoluto, quota ridotta a un terzo), mentre Stati Uniti e Corea del Sud restano gli unici competitor credibili in grado di crescere in parallelo alla Cina. Il quadro europeo resta arretrato nel complesso, con la sola Germania in grado di mantenere una presenza significativa e trasversale (oltre il 10% in quattro tecnologie su cinque).

Il caso italiano mostra segnali incoraggianti ma resta di dimensione contenuta: la crescita brevettuale (+86% dal 2015, +24% solo nell'ultimo anno) va di pari passo con una progressiva diversificazione tecnologica, testimoniata dall'emergere di stazioni di ricarica e veicoli elettrici – categorie pressoché assenti nel 2015 – e dal calo di peso dell'energy storage (dal 67% al 40%) in favore dei veicoli ibridi, che diventano la tecnologia prevalente a livello nazionale, unico caso fra i Paesi del campione.

L'immagine è quella di una corsa globale alla mobilità elettrificata sempre più guidata dalla Cina, con un'Europa in affanno salvo la Germania, e un'Italia che, pur muovendosi nella giusta direzione in termini di crescita e diversificazione tecnologica, mantiene un posizionamento ancora di nicchia nel confronto internazionale.

L'avvento della robotica avanzata apre un nuovo fronte di domanda elettrica legato alla physical AI. Il suo impatto non va misurato solo nei consumi della singola macchina, ma nell'intero ecosistema che la supporta: sensori, batterie, ricarica, edge computing, data center, digital twin e reti. Su scala

aggregata, la robotica pesa oggi meno di altri driver come data center, mobilità elettrica o climatizzazione, ma può incidere in modo rilevante su siti produttivi, magazzini, ospedali e nodi logistici.

Al tempo stesso, la robotica può essere una leva di efficienza, riducendo scarti, tempi morti e inefficienze operative. La sfida non è contenerne la crescita energetica, ma renderla misurabile, programmabile ed efficiente, attraverso metriche dedicate, integrazione con accumuli e rinnovabili e nuove competenze tra automazione, energia e digitale.

La risposta alla domanda se i robot genereranno nuovi consumi energetici è quindi positiva, ma non allarmistica: sì, cresceranno i consumi elettrici, ma non necessariamente in modo insostenibile. A differenza delle auto elettriche, i robot rispondono inoltre a bisogni nuovi, senza dover sostituire tecnologie già diffuse.

Proprio la difficoltà di sostituzione evidenzia invece la complessità della decarbonizzazione dei trasporti. Nell'Unione Europea, nonostante una crescita delle immatricolazioni elettriche – oltre il 17% nel 2025 e circa il 20% nei primi mesi del 2026 – la diffusione resta inferiore al ritmo richiesto dagli obiettivi climatici. Soprattutto, le auto elettriche si stanno ancora prevalentemente aggiungendo al parco circolante, anziché sostituire quelle esistenti, limitando così gli effetti su consumi di carburante ed emissioni.

Con meno di venticinque anni alla neutralità climatica, è quindi indispensabile affiancare all'elettificazione altre leve, con un approccio plurale e tecnologicamente aperto. Robotica e mobilità elettrica mostrano la stessa lezione: l'innovazione non produce automaticamente decarbonizzazione. Conta non la tecnologia in sé, ma il suo contributo concreto alla riduzione di consumi fossili, emissioni e inefficienze di sistema.

Per raggiungere gli obiettivi al 2050 è indispensabile coordinare gli sforzi di ricerca a livello europeo e

internazionale. I finanziamenti e le risorse devono essere gestiti in modo più possibile sinergico, così da dirigere l'impegno in modo da avere un maggiore impatto, condividendo i risultati per garantire che si costruiscano nuovi percorsi e si evitino ridondanze e sovrapposizioni.

L'UE si è dotata dello Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) per coordinare i programmi di ricerca e innovazione (R&I). Il coordinamento prevede il monitoraggio dello stato dell'arte, la definizione delle tecnologie il cui sviluppo è più critico in vista del 2050 e conseguenti indicazioni ai policymaker comunitari e nazionali, che si riflettono nei programmi di finanziamento e nei bandi.

Il SET Plan è stato al centro di un importante lavoro di revisione negli ultimi anni, alla luce dell'aggiornamento degli obiettivi di neutralità climatica e dei nuovi obiettivi in termini di sicurezza e competitività, da REPowerEU fino al Clean Industrial Deal e ad Accelerate EU. A fine 2025 è stata approvata la nuova governance del SET Plan, che mette in relazione i diversi tavoli di lavoro che ne fanno parte in un nuovo processo integrato che porterà alla realizzazione di un Common Implementation and Investment Plan (CIIP) per ogni area tematica di R&I energetica. L'intenzione è promuovere, in maniera integrata, competitività, decarbonizzazione e resilienza delle catene del valore nella UE.

È importante la partecipazione degli stakeholder italiani del settore energetico a questi tavoli, in particolare quella delle aziende, che quotidianamente rispondono alle esigenze del sistema energetico, conoscono le sfide e applicano le tecnologie sviluppate, stabilendone l'impatto. È, inoltre, importante portare la visione e le opportunità della cooperazione internazionale e dei suoi bandi all'attenzione delle imprese e degli altri stakeholder nazionali del mondo della ricerca.

L'analisi di lavori e competenze verdi conferma un divario strutturale tra domanda e offerta di capi-

tale umano per la transizione: a livello globale le assunzioni verdi crescono a un ritmo quasi doppio rispetto alla diffusione delle competenze nella forza lavoro (+7,7% contro +4,3% nel 2025), mentre in Italia i lavori verdi mostrano una difficoltà di reperimento del 53,4%, quasi dieci punti sopra la media delle altre professioni. Le competenze verdi stanno inoltre mutando natura, da dotazione specialistica a componente trasversale della professionalità: per la prima volta la maggioranza delle assunzioni verdi globali (53%) riguarda ruoli non esplicitamente green, tendenza confermata in Italia da settori come turismo, sanità e istruzione, dove gli investimenti in competenze verdi sono elevati pur in presenza di pochi lavori verdi veri e propri.

Sul piano italiano, il 2025 conferma la centralità industriale del fenomeno: un'entrata su tre programmata dalle imprese è un lavoro verde (33,6%), con l'industria che da sola concentra il 52% dei lavori verdi pur generando solo il 25% delle entrate totali, trainata da costruzioni, metallurgia e meccanica. La geografia riflette la specializzazione manifatturiera del Nord-Ovest, ma senza il tradizionale dualismo Nord-Sud, con il Mezzogiorno appena due punti sotto la media nazionale. Quasi sei imprese italiane su dieci investono in competenze verdi, attivando i tre quarti dei contratti complessivi.

In un contesto globale in cui la leadership tecnologica cinese e la fragilità del posizionamento industriale italiano rappresentano temi ricorrenti – il vincolo alla decarbonizzazione si sta progressivamente spostando dal capitale finanziario al capitale umano: rafforzare i canali tecnico-professionali (a partire dagli ITS Academy, dove i Green jobs già rappresentano il 59% delle entrate) e integrare la sostenibilità nei percorsi formativi generalisti sono condizioni necessarie perché il sistema produttivo nazionale possa cogliere le opportunità della transizione energetica, piuttosto che subirne i colli di bottiglia.

L'Italia si trova in una fase decisiva per lo sviluppo

della filiera CCS, favorita dalla convergenza di condizioni tecnologiche, industriali e infrastrutturali che rappresentano una finestra di opportunità per accelerare la decarbonizzazione dei settori più difficili da elettrificare. Circa 148 MtCO₂eq, pari al 45% delle emissioni nazionali, provengono infatti da comparti hard-to-abate – tra cui industriale, termoelettrico e waste-to-energy – nei quali le tecnologie convenzionali non risultano sufficienti a conseguire gli obiettivi climatici. Le manifestazioni di interesse raccolte da Eni e Snam confermano un potenziale di cattura pari a 27 MtCO₂ annue entro il 2030, destinato a crescere fino a 34 MtCO₂ entro il 2040, evidenziando l'esistenza di una domanda industriale concreta e geograficamente concentrata.

Sul fronte dell'offerta, il progetto Ravenna CCS, sviluppato dalla joint venture tra Eni e Snam, rappresenta l'infrastruttura cardine della filiera nazionale. Con una capacità di stoccaggio stimata in 515 Mt nel solo hub ravennate e un percorso di sviluppo che punta a raggiungere un potenziale di iniezione complessiva nell'ordine delle 16 Mtpa entro il 2050, Ravenna si candida a diventare il principale polo di stoccaggio geologico della CO₂ nel Mediterraneo. L'inserimento del progetto CALLISTO tra i Progetti di Interesse Comune dell'Unione europea e il crescente interesse manifestato da Francia, Grecia e altri Paesi dell'Europa Est-meridionale confermano inoltre la dimensione strategica dell'iniziativa, destinata a rafforzare il ruolo dell'Italia come hub infrastrutturale per la gestione transfrontaliera della CO₂.

Permangono tuttavia alcuni elementi di criticità. Sul piano dell'innovazione, i brevetti riconducibili alla CCUS rappresentano ancora appena l'1% dei brevetti energetici complessivi e, sebbene l'Italia occupi il terzo posto in Europa, rimane un significativo margine di rafforzamento della capacità tecnologica nazionale lungo l'intera catena del valore. Il principale fattore abilitante resta tuttavia

il completamento del quadro normativo e regolatorio. L'approvazione della disciplina di settore e l'introduzione di strumenti di sostegno agli investimenti, sul modello dei Contratti per Differenza già adottati in altri Paesi europei, saranno determinanti per trasformare il potenziale industriale e infrastrutturale oggi esistente in progetti realizzabili, consolidando la competitività della filiera italiana e il posizionamento del Paese quale riferimento per la decarbonizzazione industriale nel Mediterraneo. L'ecosistema delle start-up innovative italiane attraversa una fase di consolidamento caratterizzata da una crescita meno sostenuta rispetto agli anni successivi all'introduzione della disciplina dedicata. Dopo la forte espansione registrata fino al 2021 e il rallentamento osservato negli anni successivi, il 2026 conferma una contrazione del numero complessivo di imprese innovative, che scendono a 11.805 unità, riflettendo un contesto economico ancora condizionato dall'elevato costo del capitale, dall'incertezza macroeconomica e dalla maggiore difficoltà di accesso ai finanziamenti, elementi che incidono soprattutto sulle imprese nelle prime fasi di sviluppo. Anche il comparto energetico, pur mantenendo un peso rilevante all'interno dell'ecosistema nazionale con 1.794 start-up, evidenzia un rallentamento della dinamica di crescita.

Permangono al tempo stesso alcuni elementi di continuità. La distribuzione territoriale continua a essere fortemente concentrata nel Nord Italia, che ospita oltre la metà delle start-up nazionali, con la Lombardia che da sola rappresenta quasi il 30% del totale. Accanto a questi poli consolidati, il Mezzogiorno mantiene un ruolo significativo, soprattutto nel comparto energetico, mentre alcune regioni di dimensioni minori evidenziano livelli di densità imprenditoriale superiori alla media nazionale se rapportati alla popolazione, segnale della presenza di ecosistemi locali dinamici anche al di fuori dei principali hub dell'innovazione.

Dal punto di vista economico, emerge un sistema imprenditoriale ancora caratterizzato da dimensioni contenute. La maggioranza delle start-up dispone di un capitale inferiore ai 10.000 euro e genera valori di produzione limitati, mentre la stima dell'impatto economico complessivo risulta in diminuzione rispetto al 2025, attestandosi tra 932 milioni e 3,1 miliardi di euro. Analogamente, l'impatto occupazionale, pur significativo, continua a essere concentrato in imprese di piccola dimensione, confermando come la principale criticità dell'ecosistema rimanga la capacità di accompagnare le start-up nelle successive fasi di crescita e di scalabilità. Permangono inoltre alcune fragilità strutturali sul piano dell'inclusione. La presenza femminile continua a rappresentare una quota limitata dell'imprenditoria innovativa, con solo il 14% delle start-up a maggioranza femminile, mentre la componente under 35 si attesta al 15,4% e registra valori ancora inferiori nel settore energetico. Tali risultati evidenziano come il ricambio imprenditoriale e la partecipazione delle categorie tradizionalmente meno rappresentate costituiscano ancora un ambito di miglioramento per il sistema nazionale dell'innovazione.

Un segnale positivo proviene invece dalla capacità innovativa delle imprese. Il 17,6% delle start-up innovative risulta titolare di almeno un brevetto o di un software registrato, quota che sale al 22,5% nel comparto energetico, confermando una maggiore intensità tecnologica di quest'ultimo. Pur con una distribuzione territoriale ancora concentrata nei principali poli economici, i dati mostrano la presenza di realtà regionali particolarmente dinamiche anche in termini di propensione alla brevetazione. Nel complesso, il rafforzamento dell'ecosistema italiano delle start-up richiederà politiche capaci non solo di favorire la nascita di nuove imprese innovative, ma soprattutto di sostenerne la capitalizzazione, la crescita dimensionale e l'acces-

so ai mercati, affinché il patrimonio di innovazione generato possa tradursi in maggiore competitività e sviluppo economico di lungo periodo.

Con meno di venticinque anni alla neutralità climatica, diventa indispensabile affiancare altro alla poderosa leva dell'elettrificazione, con un approccio plurale, industriale e tecnologicamente aperto.

Le evidenze analizzate in questo Rapporto convergono in una stessa direzione: l'innovazione resta condizione necessaria, ma (purtroppo) non sufficiente. Robotica, mobilità elettrica, CCS, compe-

tenze e start-up mostrano che la sfida non è soltanto sviluppare nuove tecnologie, ma trasformarle in capacità produttiva, infrastrutture, filiere competitive e capitale umano.

In questo quadro, la vera misura del progresso non sarà la quantità di innovazione generata, ma la capacità di tradurla in riduzione dei consumi fossili, delle emissioni nette e delle inefficienze di sistema. È su questo terreno che si giocheranno, insieme, la competitività industriale e la sostenibilità energetica dei prossimi decenni.

POSTFAZIONE

RINNOVABILI: INVESTIMENTI ABBONDANTI,
REGOLE INCERTE

L'impatto delle fonti rinnovabili “variabili” sta progressivamente crescendo sia in relazione alla potenza installata sia con riferimento all'energia elettrica prodotta destinata ad assorbire la domanda.

Secondo i più recenti dati di Terna, nel 2025, il fotovoltaico ha registrato un nuovo massimo storico con 44.290 GWh (=44,29 TWh), in aumento del 25,1% rispetto al 2024. L'eolico si è attestato intorno a 24 TWh. Sempre nel 2025, la produzione da fonti rinnovabili (compreso l'idroelettrico) è stata pari a 128 TWh, mentre la domanda elettrica nazionale è stata 311,3 TWh. Le rinnovabili hanno quindi coperto circa il 41% del fabbisogno.

Limitando lo sguardo alle sole fonti rinnovabili c.d. di “nuova generazione”, le nuove rinnovabili, osserviamo che il fotovoltaico ha prodotto 44,29 TWh pari a circa 14,2% del fabbisogno elettrico nazionale mentre l'eolico con i suoi circa 24,0 TWh ha coperto il 7,7% del fabbisogno.

Eolico e fotovoltaico hanno quindi, nel 2025, immesso in rete 68,3 TWh pari a circa 21,9% del totale dell'energia elettrica richiesta nel 2025.

Il trend crescente è stato spinto anche dagli esiti delle aste del Fer X transitorio, il più recente strumento di incentivazione per le fonti rinnovabili strutturato non come *feed in premium* (o tariffe onnicomprensive), ma come Contract for Difference – CfD (o feed in premium variabile) a due vie con *strike price* fissato con aste al ribasso.

Non è un dettaglio solo ed esclusivamente tecnico. A differenza delle tariffe onnicomprensive, infatti, nei CfD a due vie l'incentivo consiste in un premio che viene riconosciuto ai produttori aventi diritto, per l'energia elettrica prodotta netta immessa in rete e pari alla differenza, positiva o negativa, tra la tariffa spettante e il prezzo zonale orario. L'incentivo dipende, quindi, dall'andamento dei prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica nella medesima ora, e non ne-

cessariamente rappresenta un costo per la collettività. Anzi, secondo ARERA, gli strumenti strutturati con feed in premium a due vie hanno rappresentato un ricavo per la comunità (intorno al milione di euro)²⁹.

Sulla base delle graduatorie ufficiali GSE del primo bando FER X Transitorio (dicembre 2025):

- la potenza complessivamente ammessa agli incentivi è pari a 9,75 GW (9.752 MW) di cui oltre il 90% è rappresentato da nuova potenza fotovoltaica;
- il prezzo di aggiudicazione (strike price) medio del fotovoltaico ordinario è risultato pari a 56,8 €/MWh a fronte di una base d'asta di 95 €/MWh;
- il prezzo di aggiudicazione (strike price) medio dell'eolico è risultato pari a 72,85 €/MWh a fronte di una base d'asta di 105 €/MWh.

È interessante osservare che il primo bando FER X ha quindi prodotto prezzi medi di aggiudicazione significativamente inferiori al cap iniziale.

Ma il dato più impressionante è rappresentato dalle richieste di connessione.

Dai dati più recenti del portale Econnexion di Terna³⁰ (aggiornamento di febbraio 2026) risultano:

- circa 320 GW di richieste di connessione;
- circa 129 GW di Soluzioni Tecniche Minime Garantite (STMG) accettate dal TSO;
- circa 37 GW di STMG da accettare.

Se attualmente ci sono 129 GW di STMG accettate significa che solo con i progetti aventi una soluzione di connessione già individuata, raggiungeremmo, oggi, il traguardo del PNIEC al 2030, vale a dire circa 131 GW di capacità rinnovabile installata complessiva (a fine 2025 tale capacità era di 83,5 GW).

Avere STMG accettate dal gestore di rete non significa, tuttavia, avere un impianto autorizzato ed è proprio su questo aspetto (il *permitting*) che continuano a registrarsi le più rilevanti criticità.

29 Relazione Arera 344/2025/I/EFr del 22 luglio 2025.

30 Sono quindi solo connessioni alla RTN.

Nonostante la forte spinta europea a semplificare e razionalizzare le procedure autorizzative, il Governo italiano si è mosso, specie negli ultimi anni, in modo ondivago e scostante, senza garantire agli investitori quella necessaria certezza e calcolabilità delle regole che costituisce presupposto essenziale per la programmazione degli investimenti.

Senza pretesa di completezza, e limitandoci solo ai più recenti interventi legislativi statali, tre sono gli ambiti regolatori che sono in un certo senso “paradigmatici”. Il primo ambito è quello delle “aree idonee”, ossia quelle aree nelle quali l’installazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili dovrebbe ricevere un percorso abilitativo semplificato, ad esempio limitando l’impatto delle autorità preposte alla tutela paesaggistica e superando gli ostacoli presenti negli strumenti urbanistici comunali.

L’art. 20 comma 8 D.Lgs. 199/2021 disciplinava le c.d. “aree idonee *ex lege*” individuando, in via transitoria ed in attesa di una successiva attuazione regolamentare, specifiche aree all’interno delle quali l’installazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili avrebbe dovuto seguire un iter amministrativo semplificato.

Originariamente, l’art. 20, comma 1, rinviava ad uno o più decreti ministeriali la definizione dei “principi e criteri omogenei per l’individuazione delle superfici e delle aree idonee e non idonee all’installazione di impianti a fonti rinnovabili”.

Nel rispetto di tali principi e criteri, le Regioni avrebbero dovuto, con legge, individuare le aree idonee. (art. 20, comma 4, D.Lgs. n. 199/2021).

L’art. 20, comma 1, D.Lgs. n. 199/2021, è stato attuato con il Decreto MASE del 21 giugno 2024 recante “Disciplina per l’individuazione di superfici e aree idonee per l’installazione di impianti a fonti rinnovabili”

Il T.A.R. Lazio, Roma, ha però annullato i commi 2 e 3 dell’articolo 7 laddove abilitava le Regioni a prevedere fasce di rispetto più ampie, in relazione alla installazione di impianti eolici e fotovoltaici, rispetto a

quelle previste dal legislatore ai sensi dell’articolo 20, comma 8, lett. c-*quater*), del D.Lgs. 199/2021.

Il legislatore è, quindi, nuovamente intervenuto sul tema, abrogando l’intero art. 20 D.Lgs. 199/2021 ed introducendo una disciplina in materia di aree idonee del tutto diversa inserita nel D.Lgs. 190/2024 (c.d. Testo Unico Rinnovabili).

L’attuale regime prevede un elenco intangibile di aree idonee “su terraferma” e di aree idonee “a mare” lasciando alle Regioni la possibilità di individuare solo “ulteriori” aree idonee a livello regionale.

Tuttavia, nell’elencare le nuove aree idonee si operano significative restrizioni rispetto all’elenco presente nell’art. 20 comma 8 D.Lgs. 199/2021.

Una su tutte è l’eliminazione dal novero delle aree idonee della c.d. “lettera c-*quater*” che consentiva l’installazione in tutte le aree esterne al perimetro dei beni sottoposti a tutela paesaggistica e dalle loro fasce di rispetto.

Al netto di alcuni contrasti giurisprudenziali (poi risolti dal Consiglio di Stato) questa previsione di natura residuale era molto interessante e consentiva agli operatori di programmare in modo ragionevole la localizzazione degli impianti.

Il legislatore del 2025 ha invece deciso di eliminare questa facoltà, creando ulteriore incertezza a scapito degli investimenti.

Un secondo tema è quello della compatibilità tra gli impianti fotovoltaici a terra e le aree agricole.

Il Governo nel 2024 ha infatti sancito, per legge, l’incompatibilità (sotto forma di inidoneità) degli impianti fotovoltaici a terra con qualsiasi area agricola.

Il TAR Lazio ha rimesso alla Consulta la questione della legittimità costituzionale di tale previsione fortemente limitativa e siamo ancora in attesa della sentenza.

Nonostante i dubbi di costituzionalità sollevati dalla giurisprudenza, il Governo l’ha, nel 2025, integralmente confermata ed introdotto ulteriori e rilevanti limitazioni all’installazione di impianti con tecnologia agrifotovoltaica che, per definizione, assicurano la continuità agricola.

Il terzo ambito è rappresentato dal recepimento dell'art. 16 *septies* della Direttiva 2018/2001 che ha introdotto il c.d. meccanismo dell'interesse pubblico prevalente, affermando che, fino al raggiungimento della neutralità climatica, lo sviluppo di nuova capacità rinnovabile debba essere considerato "di interesse pubblico prevalente e nell'interesse della salute e della sicurezza pubblica nella ponderazione degli interessi giuridici nei singoli casi"

Il Governo italiano ha recepito la previsione introducendo però significative limitazioni.

In particolare, il concetto di interesse pubblico prevalente non si applica qualora sussistano "prove evidenti" di effetti negativi significativi "sull'ambiente, sulla tutela della biodiversità, sul paesaggio, sul patrimonio culturale e sul settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali".

Attraverso una simile (ed ambigua) formulazione si introducono deroghe all'applicazione dell'interesse pubblico prevalente limitandone la portata e gli effetti.

Questi tre esempi rappresentano con chiarezza l'atteggiamento del Governo italiano rispetto ad un settore cruciale come le rinnovabili.

Anziché accompagnare la transizione con normative

certe e stabili nel tempo, si continua ad intervenire in modo schizofrenico spesso introducendo nuovi ostacoli allo sviluppo di nuova capacità rinnovabile.

In definitiva, la vicenda delle energie rinnovabili sembra confermare una lezione antica: il diritto non rappresenta soltanto un limite all'azione economica, ma costituisce esso stesso un'infrastruttura dello sviluppo. La disponibilità di capitale, la maturità delle tecnologie e l'interesse degli investitori appaiono oggi largamente sufficienti a sostenere il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

Ciò che maggiormente si richiede al legislatore non è tanto un continuo interventismo normativo, quanto la capacità di assicurare quel minimo di stabilità, prevedibilità e coerenza senza il quale la libertà di iniziativa economica e la stessa programmazione degli investimenti finiscono inevitabilmente per essere compromesse.

La sfida della transizione energetica è, in ultima analisi, anche una sfida di qualità delle istituzioni e di certezza del diritto (quest'ultima, in particolare, sarebbe davvero una notevolissima innovazione).

Luca Giagnoni

BIBLIOGRAFIA

- ACEA (2026), *Report – Vehicles on European Roads 2026*.
- ACI (2025), *Dati e statistiche. Autoritratto 2002–2024*.
- ACI (2026), *Dati e statistiche. Auto-Trend 2000–2025*.
- APRE (2025), *Rapporto sulla partecipazione italiana a Horizon Europe. Aggiornamento 2024*, aprile 2025.
- Bonacina M., Sileo A. (2024), “Auto elettriche troppo lente, decarbonizzazione lontana”, *ENERGIA*, 4/2024.
- Bonacina M., Sileo A. (2025), *Auto elettriche lente, decarbonizzazione rimandata*, FEEM Brief, n. 1, febbraio 2025.
- CEDEFOP (2026), *Skills-OVATE*.
- Commissione europea (2019), *Il Green Deal europeo*, COM(2019) 640 final, 11 dicembre 2019.
- Commissione europea (2020), *Europe’s Moment: Repair and Prepare for the Next Generation*, COM(2020) 456 final, 27 maggio 2020.
- Commissione europea (2022), *Piano REPowerEU*, COM(2022) 230 final, 18 maggio 2022.
- Commissione europea (2023a), *Revisione del SET Plan*, COM(2023) 634 final, 20 ottobre 2023.
- Commissione europea (2023b), *Net-Zero Industry Act*, COM(2023) 161 final, 16 marzo 2023.
- Commissione europea (2023c), *Critical Raw Materials Act*, COM(2023) 160 final, 16 marzo 2023.
- Commissione europea (2025a), *Clean Industrial Deal*, COM(2025) 85 final, 26 febbraio 2025.
- Commissione europea (2025b), *Affordable Energy Action Plan*, COM(2025) 79 final, 26 febbraio 2025.
- Commissione europea (2026), *Accelerate EU*, COM(2026) 370 final, 22 aprile 2026.
- Draghi M. (2024), *The Future of European Competitiveness*, 9 settembre 2024.
- EPO (2016), *Sample Queries and Tips for PATSTAT*, version 2.1, Monaco: European Patent Office.
- EPO (2021), *Patents and the Energy Transition. Global Trends in Clean Energy Technology Innovation*, aprile 2021.
- EPO (2026), *PATSTAT Database*, versione autunno 2025.
- European Environment Agency (2025), *Greenhouse Gas Emissions from Transport in Europe. Analysis and Data*.
- Eurostat (2026).
- FIA (2023), *Sustainability and D&I Report 2023*.
- FIA (2024), *Regolamento tecnico Formula 1 2026*.
- Fiorini A., Georgakaki A., Pasimeni F., Tzimas E. (2017), *Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies*, EUR 28446 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- Fresneda C. (2025), “Petrostates vs. Electrostates: The New Energy Cold War”, *El Mundo*, 19 novembre 2025.
- Goldman Sachs Research (2024), *Humanoid Robot: The AI Accelerant*, 8 gennaio 2024.
- I-Com (2018), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2018. Si fa digitale. L’innovazione energetica è sempre più multidimensionale*.
- I-Com (2019), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2019. Il rebus della transizione. L’innovazione energetica chiave dello sviluppo*.
- I-Com (2020), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2020. La ripresa sostenibile. L’innovazione energetica chiave dello sviluppo*.
- I-Com (2021), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2021. Il futuro dell’energia. Innovazione e sostenibilità binari della transizione*.
- I-Com (2022), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2022. Energia: le ricette dell’innovazione per un menù da riscrivere*.
- I-Com (2023), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2023. L’innovazione energetica bussola del cambiamento*.
- I-Com (2024), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2024. L’innovazione strada maestra per sostenibilità e transizione*.
- I-Com (2025), *Rapporto Osservatorio Innov-E 2025. L’innovazione energetica motore del futuro*.
- IEA (2023), *Energy Technology Perspectives 2023*, gennaio 2023.
- IEA (2025), *Energy and AI*, 10 aprile 2025.
- IFR – International Federation of Robotics (2025a), *World Robotics 2025 Press Release*, 25 settembre 2025.
- IFR – International Federation of Robotics (2025b), *World Robotics 2025 Press Conference*, 25 settembre 2025.
- IFR – International Federation of Robotics (2026), *ABB Robotics Leads Global Effort to Standardize Measurement of Industrial Robots’ Energy Consumption*, 4 marzo 2026.
- InfoCamere (2026), *Start-up innovative. 1° trimestre 2026. Cruscotto di indicatori statistici – Dati nazionali*.
- International Monetary Fund (2024), *World Economic Outlook Update. The Global Economy in a Sticky Spot*, luglio 2024.
- International Monetary Fund (2026), *World Economic Outlook. Global Economy in the Shadow of War*, aprile 2026.
- ISPRA (2026), *National Inventory Document 2026. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990–2024*.
- LinkedIn (2025), *Green Skills Report*, novembre 2025.
- Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (2025), *Studio CCUS. Analisi degli aspetti tecnici, economici e normativi funzionali allo sviluppo della filiera CCUS*.
- Morgan Stanley Research (2025a), *The Humanoid 100: Mapping the Humanoid Robot Value Chain*, 6 febbraio 2025.
- Morgan Stanley Research (2025b), *A \$5 Trillion Global Market*, 29 aprile 2025.
- Palazzo G. (2023), “Cooperare per innovare. Lo Strategic Energy Technology Plan dell’UE e il ruolo delle imprese”, in *Rapporto Innov-E 2023*, I-Com Edizioni, luglio 2023.

- Palazzo G. (2025), “Tecnologia e industria nella transizione energetica. Intervista a Marco Dell’Aguzzo”, *Pandora Rivista*, 11 giugno 2025.
- Sileo A. (2026a), “A Bruxelles non sbagliano mai, specie quando si correggono”, *Nuova Energia*, 1/2026.
- Sileo A. (2026b), “Auto, un appunto sui dati ACI”, *Staffetta Quotidiana*, 10 aprile 2026.
- SNAM, ENI (2024), *Indagine sul potenziale mercato per il trasporto e lo stoccaggio di CO₂ presso il sito di Ravenna CCS*.
- Soori M., Arezoo B., Dastres R. (2023), “Optimization of Energy Consumption in Industrial Robots: A Review”, *Cognitive Robotics*, 3, pp. 142–157.
- Terna (2026), *Comunicato stampa sui consumi elettrici 2025*.
- Terna Lightbox (2025), “Data center e futuro: la sfida energetica che accende l’Italia”, 8 agosto 2025.
- Trasi C., Vittoria G., Ausenda C.F. (2026), *Dall’ambivalenza alla strategia: l’interdipendenza clean tech con la Cina*, ECCO Think Tank, Policy Paper, 6 marzo 2026.
- Unioncamere – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali (2025), *Sistema Informativo Excelsior. Competenze Green 2025*.
- US Energy Information Administration (2026), “Wind and Solar Generated a Record 17% of U.S. Electricity in 2025”, *Today in Energy*, 20 marzo 2026.
- World Intellectual Property Organization (WIPO) (2026), *IP Statistics Data Center*.
- World Trade Organization (2024), *Global Trade Outlook and Statistics*.
- Zorzoli G.B. (2024), “La guerra fa male (anche) al clima”, *Staffetta Quotidiana*, 5 aprile 2024.

Si evidenzia inoltre che la presente pubblicazione contiene informazioni di carattere generale. Prima di prendere decisioni o adottare iniziative che possano incidere sui risultati aziendali, si consiglia di rivolgersi a un consulente per un parere professionale qualificato. L'Istituto per la Competitività è da ritenersi non responsabile per eventuali perdite subite da chiunque utilizzi o faccia affidamento su questa pubblicazione.

Crediti fotografici:
Copertina – ookawa/depositphotos.com

Impaginazione:
kreas.it



the energy house

Media partner:

QUOTIDIANO NAZIONALE

Roma

Piazza dei Santi Apostoli 66 - 00187
www.i-com.it

info@i-com.it

Bruxelles

Avenue des Arts 50 - 1000
www.i-comEU.eu

