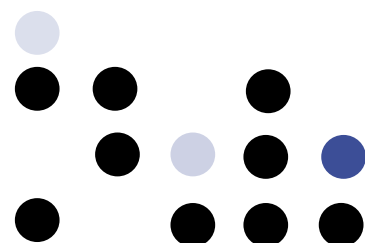
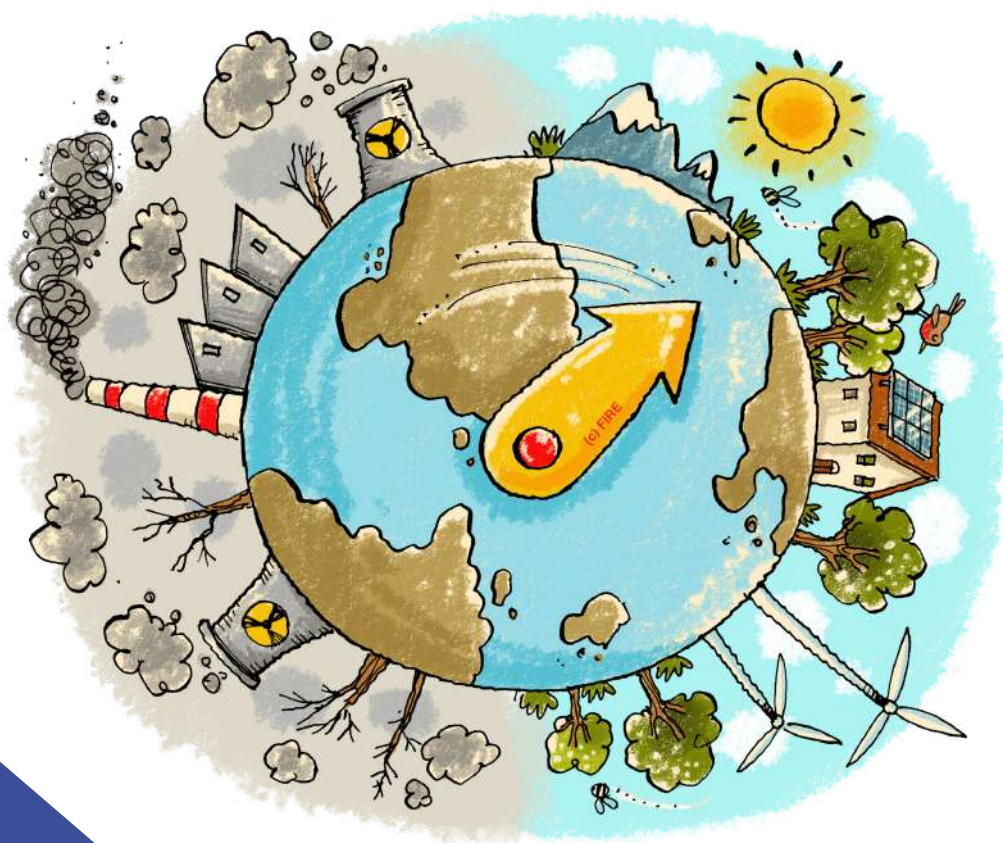


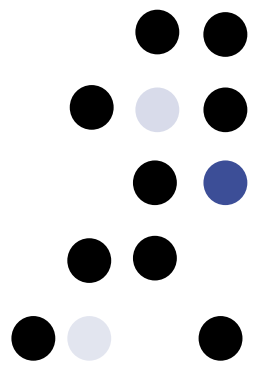
Versione 1.5

02-2026



Catena del valore delle tecnologie di elettrificazione industriale in Italia





Questo studio è stato realizzato con il supporto della European Climate Foundation. La responsabilità delle informazioni e delle opinioni espresse in questo studio ricade sull'autore/gli autori. La European Climate Foundation non può essere ritenuta responsabile per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni contenute o espresse al suo interno.

Autori: Dario Di Santo, Daniele Forni, Diego Moretti, Jacopo Romiti.

Data di pubblicazione: febbraio 2025.

Questo documento può essere distribuito gratuitamente sotto la licenza internazionale Creative Commons Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate 4.0. Per informazioni sulla licenza:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



FIRE declina ogni responsabilità per eventuali danni o conseguenze non intenzionali derivanti dall'uso del contenuto di questo documento.

Le altre indagini, ricerche e guide preparate da FIRE sono disponibili ai seguenti link:

<https://fire-italia.org/category/indagini/>

<https://fire-italia.org/category/studi-e-ricerche/>



Informazioni su FIRE



FIRE (Federazione Italiana per l'Uso Razionale dell'Energia), è un'associazione senza scopo di lucro legalmente riconosciuta fondata nel 1987 e attiva nel settore energetico e ambientale. I suoi obiettivi principali sono:

- la promozione dell'efficienza energetica, delle fonti energetiche rinnovabili e della sostenibilità ambientale;
- l'analisi e lo studio delle diverse tematiche legate all'uso e alla generazione dell'energia attraverso un approccio concreto, multidisciplinare e non discriminatorio;
- il supporto agli energy manager e a tutti gli stakeholder del settore energetico con attività di informazione, divulgazione, formazione, indagine e studio;
- lo sviluppo di strumenti per la gestione dell'energia;
- la partecipazione a progetti internazionali finalizzati all'uso efficiente delle risorse energetiche e ambientali;
- la qualificazione di energy manager, esperti di gestione dell'energia, ESCO e altri operatori legati alla gestione dell'energia.

Dal 1992 FIRE gestisce, per conto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, le nomine dei gestori dell'energia ai sensi dell'art. 19 della Legge 10/1991 e ne promuove il ruolo.

Nel 2008 la Federazione ha dato vita a SECEM, una struttura interna senza scopo di lucro dedicata alla certificazione delle competenze degli Esperti in Gestione dell'Energia, in conformità alla norma UNI CEI 11339. SECEM è stata accreditata nel 2012 secondo la norma ISO 17024.

La struttura associativa di FIRE coinvolge rappresentanti dell'intera filiera dell'energia, dai produttori di tecnologie energetiche alle società di servizi e ingegneria, dagli energy manager ai medi e grandi utenti finali, dai professionisti alle persone interessate al tema della sostenibilità.

Tra le attività svolte da FIRE: indagini e studi di settore e di mercato, azioni di informazione, formazione sia attraverso un ampio catalogo che corsi su misura, progetti finanziati dall'Unione Europea e attività di cooperazione internazionale, predisposizione di documenti di posizionamento e partecipazione a gruppi di lavoro istituzionali e normativi (ISO, CEN CENELEC, UNI CTI), consulenza (audit energetici, incentivi, certificazione del risparmio energetico, ecc.) e certificazione di esperti in gestione dell'energia.

Sommario



Indice delle figure.....	5
Indice delle tabelle.....	6
<i>GLOSSARIO</i>	8
<i>INTRODUZIONE</i>	10
<i>METODOLOGIA</i>	11
<i>SITUAZIONE E OBIETTIVI PER LA DECARBONIZZAZIONE DELL'INDUSTRIA</i>	12
Contesto di riferimento e obiettivi comunitari.....	12
Valutazione di impatto e scenari	13
Elettrificazione: potenziale e trend.....	17
Le soluzioni	19
Filiera.....	25
<i>LE POLITICHE VIGENTI</i>	28
Direttiva Efficienza Energetica (EED)	28
Clean Industrial Deal (CID)	29
I principali meccanismi di supporto esistenti in Italia	31
<i>I RISULTATI DELL'INDAGINE</i>	33
Produttori di tecnologie	34
Fornitori dei produttori di tecnologie	39
ESCO.....	42
Professionisti del settore energetico.....	46
<i>I RISULTATI DELLE INTERVISTE</i>	50
Criticità ed aspetti rilevanti relativi alle tecnologie	50
Criticità ed aspetti rilevanti relativi a policy e meccanismi di supporto.....	55
Modalità di finanziamento degli investimenti.....	56
<i>LE PROPOSTE DI POLICY PER L'ELETTRIFICAZIONE INDUSTRIALE</i>	58
Supply chain: ottimizzare la filiera e garantire la qualità dai produttori agli installatori	58
Utilizzatori finali: rendere la transizione facile, attrattiva ed affidabile	61
Quadro regolatorio: rimuovere le distorsioni di mercato	62
Rete elettrica: garantire uno sviluppo adeguato all'elettrificazione.....	63
Incentivi: abilitare il potenziale economico delle tecnologie di decarbonizzazione.....	64
<i>CONSIDERAZIONI FINALI</i>	66
<i>SOGGETTI COINVOLTI NELLE INTERVISTE</i>	67

BIBLIOGRAFIA.....	69
-------------------	----

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Opzioni di policy negli scenari dell'impact assesment europeo. Fonte: [7].....	13
Figura 2 - Target al 2030 per il raggiungimento degli obiettivi del pacchetto Fit for 55 nello scenario FF55. Fonte: [7]	14
Figura 3 -Consumi finali elettrici: confronto fra i dati del 2019 e lo scenario FF55. Fonte: Rielaborazione FIRE da [7]	15
Figura 4 - Elettrificazione: confronto tra lo scenario FF55 e i dati storici 2019. Fonte: Rielaborazione FIRE da [7].....	16
Figura 5. Costo del kWh elettrico (sopra) e del gas naturale (sotto) per clienti non residenziali. Fonte: Relazione annuale ARERA	19
Figura 6 - Potenziale di elettrificazione per settore industriale.....	20
Figura 7 - Mappa della supply chain delle pompe di calore industriali nel mercato UE27+UK. Rielaborazione FIRE da [8].....	27
Figura 8 - Siti certificati ISO 50001 secondo la survey ISO del 2024.	29
Figura 9 - Distribuzione per tipologia di soggetti partecipanti all'indagine.....	33
Figura 10 - Distribuzione dei produttori di tecnologie per tipologia.....	34
Figura 11 - Fasi critiche per una crescita adeguata agli obiettivi 2030	35
Figura 12 -Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei produttori di tecnologie.....	36
Figura 13 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei produttori di tecnologie (4+5)	36
Figura 14 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i produttori di tecnologie.....	37
Figura 15 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i produttori di tecnologie.....	37
Figura 16 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i produttori di tecnologie (4+5).....	37
Figura 17 - Benefici non energetici ottenibili secondi i produttori di tecnologie.....	38
Figura 18 - Leve di promozione secondo i produttori di tecnologie	38
Figura 19 - Leve di promozione secondo i produttori di tecnologie (4+5).....	39
Figura 20 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei fornitori di produttori di tecnologie.....	39
Figura 21 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei fornitori di produttori di tecnologie (4+5)	40

Figura 22 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i fornitori di produttori di tecnologie	40
Figura 23 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i fornitori di produttori di tecnologie	40
Figura 24 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i fornitori di produttori di tecnologie (4+5).....	41
Figura 25 - Benefici non energetici ottenibili secondo i fornitori di produttori di tecnologie	41
Figura 26 - Leve di promozione secondo i fornitori di produttori di tecnologie	42
Figura 27 - Leve di promozione secondo i fornitori di produttori di tecnologie (4+5).....	42
Figura 28 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte delle ESCO.....	43
Figura 29 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte delle ESCO (4+5).....	43
Figura 30 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo le ESCO	44
Figura 31 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo le ESCO	44
Figura 32 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo le ESCO (4+5).....	44
Figura 33 - Benefici non energetici ottenibili secondo le ESCO	45
Figura 34 - Leve di promozione secondo le ESCO	45
Figura 35 - Leve di promozione secondo le ESCO (4+5).....	46
Figura 36 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei professionisti del settore energetico.....	46
Figura 37 - Principali barriere rilevate nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei professionisti del settore energetico (4+5).....	47
Figura 38 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i professionisti del settore dell'energia.....	47
Figura 39 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i professionisti del settore dell'energia.....	48
Figura 40 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i professionisti del settore dell'energia (4+5)	48
Figura 41 - Benefici non energetici ottenibili secondo i professionisti del settore dell'energia	48
Figura 42 - Leve di promozione secondo i professionisti del settore dell'energia.....	49
Figura 43 - Leve di promozione secondo i professionisti del settore dell'energia (4+5)	49

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Valutazione d'impatto delle politiche del pacchetto Fit for 55 nello scenario REG per l'Italia. Fonte: Rielaborazioni FIRE da [7]	14
---	----

Tabella 2 - TRL delle pompe di calore industriali per intervallo di temperatura. Fonte: rielaborazione FIRE da [5].....	23
Tabella 3. Tecnologie a basse emissioni di carbonio per i settori industriali e gli impieghi di riscaldamento considerati e il loro potenziale livello di maturità/prontezza. Fonte: rielaborazione FIRE da [10].....	24
Tabella 4 - SWOT analysis della catena del valore delle pompe di calore nel contesto UE. Fonte: rielaborazione FIRE da [6]	25
Tabella 5 - Numero di risposte totalizzate dall'indagine	33
Tabella 6 - Nome, cognome e organizzazione dei soggetti coinvolti nelle interviste	68

GLOSSARIO

Certificati bianchi (TEE): rappresentano il principale schema nazionale di incentivazione per l'efficienza energetica negli usi finali in termini di obiettivi complessivi. Riferimento normativo: D.M. 21 luglio 2025 e s.m.i.

Codice ATECO: classificazione delle attività economiche (ATECO: **attività economiche**) adottata dall'Istituto Nazionale di Statistica italiano (ISTAT) per le rilevazioni statistiche nazionali di carattere economico.

CAPEX: flussi di cassa in uscita per la realizzazione di investimenti in attività immobilizzate di natura operativa. Si tratta cioè di investimenti in capitale fisso.

OPEX: costi necessari per il funzionamento giornaliero dell'azienda che incidono sul capitale circolante.

ARERA: autorità amministrativa indipendente della Repubblica Italiana che ha la funzione di favorire lo sviluppo di mercati concorrenziali nelle filiere elettriche, del gas naturale e dell'acqua potabile.

CID (Clean Industrial Deal): piano strategico dell'UE per la decarbonizzazione e la competitività industriale, lanciato per rilanciare la crescita e la sostenibilità in Europa.

COP: indice che misura l'efficienza di una pompa di calore, rappresentando il rapporto tra l'energia termica prodotta e l'energia elettrica consumata.

EED (Energy Efficiency Directive): Direttiva europea sull'efficienza energetica

EPC (Energy Performance Contract, contratto a garanzia di risultato): accordo contrattuale tra il beneficiario o chi per esso esercita il potere negoziale e il fornitore di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti (lavori, forniture o servizi) realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati, quali i risparmi finanziari.

ESCO (Energy Service Company): società che fornisce servizi per il miglioramento dell'efficienza energetica.

ETS (Emissions Trading System): sistema europeo di scambio di quote di emissione di gas a effetto serra adottato dall'Unione europea per raggiungere gli obiettivi di riduzione della CO₂ nei principali settori industriali e nel comparto dell'aviazione. Il sistema è stato introdotto e disciplinato nella legislazione europea dalla Direttiva 2003/87/CE (Direttiva ETS).

FER (Fonti di Energia Rinnovabile): forme di energia non derivanti da fonti fossili e non soggette a esaurimento. Queste includono energia solare, eolica, idraulica, geotermica e biomasse.

IEA (International Energy Agency): organizzazione internazionale intergovernativa fondata da 29 paesi nel 1974 dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE).

MVR (Mechanical Vapour Recompression): tecnologia che concentra i liquidi recuperando il vapore generato dal processo di evaporazione stesso.

PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima): documento strategico che definisce le politiche e le misure dell'Italia per raggiungere gli obiettivi europei su energia e clima entro il 2030.

PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza): programma del governo italiano per gestire i fondi europei del Next Generation EU (NGEU) e rilanciare l'economia dopo la pandemia di COVID-19.

PPA (Power Purchase Agreement): contratto di fornitura di energia elettrica a lungo termine, generalmente tra un produttore di energia (spesso da fonti rinnovabili) e un consumatore, come un'azienda.

RED (Renewable Energy Directive): quadro giuridico dell'Unione Europea che stabilisce obiettivi e norme per promuovere l'uso di energie rinnovabili, definendo i requisiti per raggiungere gli obiettivi nazionali di consumo finale di energia da fonti rinnovabili entro scadenze specifiche.

SGE (Sistema di Gestione dell'Energia): insieme strutturato di procedure e strumenti (hardware/software) che aiuta le organizzazioni a gestire i propri consumi energetici in modo efficiente e sostenibile.

TEE (Titoli di efficienza energetica) o certificati bianchi, meccanismo di supporto dell'efficienza energetica basato sul mercato.

TRL (Technology Readiness Level): scala da 1 a 9 che misura il grado di maturità di una tecnologia, dalla ricerca di base fino alla sua produzione commerciale.

INTRODUZIONE

L'elettrificazione dei consumi finali occupa una posizione di rilievo all'interno della strategia europea di riduzione delle emissioni di gas serra, in parallelo allo sviluppo della generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili e all'implementazione delle soluzioni di efficienza energetica, che possono portare interessanti sinergie all'elettrificazione. Elettrificare i consumi nell'industria, negli edifici, nei servizi e nei trasporti è fondamentale anche per il rafforzamento della sicurezza energetica, così come lo è lo sviluppo dei combustibili rinnovabili, che abbattano la dipendenza dagli approvvigionamenti esteri.

Il presente documento si pone l'obiettivo di effettuare un'analisi della supply chain a livello italiano per comprendere barriere, opportunità, sviluppi e storie di successo per la decarbonizzazione dell'industria attraverso l'elettrificazione del consumo di calore e il recupero del calore di scarto dei processi.

Lo studio mira altresì a identificare le politiche di supporto (come i certificati bianchi, Transizione 5.0, nuove politiche volte allo sviluppo della catena del valore, etc.) considerate più interessanti dagli stakeholder.

A tal fine è stata svolta un'analisi della letteratura relativa alle soluzioni di elettrificazione e di recupero del calore nel contesto industriale al fine di operare un'analisi a livello di catena del valore con particolare riferimento al contesto italiano, inquadrato nel più ampio panorama europeo. Lo studio è stato approfondito attraverso un'indagine appositamente costruita per gli scopi del lavoro e rivolta agli stakeholder di riferimento, i cui risultati sono stati aggregati e valutati.

La divulgazione della presente analisi intende promuovere presso gli stakeholder (produttori di tecnologia e loro fornitori, installatori, ESCO e professionisti coinvolti nella proposta e nell'implementazione dei progetti, etc.) le misure che possono facilitare lo sviluppo dell'elettrificazione industriale e del recupero del calore di scarto dei processi.

METODOLOGIA

FIRE segue dal 1987 il settore dell'energia e dell'efficienza energetica. Nel corso degli anni ha maturato una vasta esperienza in questo campo, realizzando indagini, studi, ricerche, eventi, networking e gruppi di lavoro, corsi di formazione, attività consulenziali per grandi organizzazioni e di supporto alle istituzioni, oltre a partecipare come partner a svariati progetti europei legati ai vari aspetti dell'efficienza energetica e dell'energy management. Queste competenze hanno costituito la base di partenza del presente documento.

Per realizzare questo studio sono state inoltre svolte tre attività:

- Un'analisi di letteratura basata su documenti, rapporti, studi, ricerche, paper, etc. prodotti a livello europeo e nazionale. Le informazioni raccolte sono state usate per definire il quadro della situazione a livello di mercato e legislativo.
- Un'indagine in cui sono stati coinvolti stakeholder della filiera, dai produttori di tecnologie a chi eroga servizi, fino agli utilizzatori finali. L'indagine è stata realizzata tramite la piattaforma Lyme survey ed ha fornito una serie di indicazioni utili per caratterizzare la filiera e la visione della stessa sul mercato e sui limiti delle politiche vigenti.
- Una serie di interviste a stakeholder individuati fra i rispondenti all'indagine che hanno fornito spunti interessanti, le associazioni di categoria collegate alla filiera e alcuni leader di mercato attivi nell'elettrificazione e nei recuperi termici del settore industriale.

Quanto raccolto è stato impiegato per la stesura dei vari capitoli.

SITUAZIONE E OBIETTIVI PER LA DECARBONIZZAZIONE DELL'INDUSTRIA

CONTESTO DI RIFERIMENTO E OBIETTIVI COMUNITARI

Nel 2020, la Commissione Europea ha definito il suo quadro strategico di riferimento di politiche e obiettivi per affrontare il cambiamento climatico e la transizione energetica, il cosiddetto "Green Deal", dal quale sono scaturiti numerosi provvedimenti normativi.

Nel giugno 2021, l'Unione e i suoi Stati Membri hanno adottato il Regolamento (UE) 2021/1119, anche noto come "Legge Clima", che, tra le altre cose, imprime forza di legge all'obiettivo di raggiungere la neutralità climatica a livello UE entro il 2050 e ribadisce l'obiettivo intermedio al 2030 di riduzione delle emissioni nette in tutti i settori dell'economia e a livello UE di almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, come adottato dai capi di Stato e di Governo dell'Unione a dicembre 2020 e in linea con l'Accordo di Parigi del 2015.

Su mandato del Consiglio, la Commissione ha predisposto un quadro normativo con orizzonte al 2030 per far sì che gli obiettivi di riduzione delle emissioni siano vincolanti per i Paesi membri e si trasformino in azioni concrete, così da instradare l'UE e i Paesi che la compongono sul giusto percorso per raggiungere la neutralità climatica al 2050.

Nel perimetro delineato da tali disposizioni normative, si trovano provvedimenti che riguardano la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, l'incremento della penetrazione della produzione rinnovabile e gli obiettivi riguardanti l'efficienza energetica ma anche la revisione della tassazione dell'energia e la definizione di nuovi standard di emissione per i veicoli. Questo corpus normativo costituisce un quadro legislativo complesso e interconnesso che prende il nome di pacchetto *Fit for 55*.

Nel 2022, in risposta agli sconvolgimenti geopolitici determinati dalla guerra in Ucraina, gli obiettivi di decarbonizzazione, penetrazione delle rinnovabili ed efficienza energetica sono stati ulteriormente rafforzati con il piano REPowerEU, il quale, mirando al contenimento della dipendenza europea dai combustibili fossili di provenienza extra-UE, ha portato il tema dell'elettrificazione al centro dell'attenzione.

Il pacchetto *Fit for 55* contiene proposte di modifica per otto atti legislativi esistenti sui temi energia e clima e presenta cinque nuove iniziative che combinano:

- il rafforzamento del sistema ETS (Emissions Trading System) esistente e la sua applicazione a nuovi settori;
- un incremento dei target sull'efficienza energetica e l'uso di energie rinnovabili;
- una maggiore penetrazione di mezzi di trasporto a basse emissioni accompagnata da uno sviluppo accelerato di infrastrutture di ricarica e rifornimento e carburanti alternativi;
- misure per prevenire la delocalizzazione delle emissioni (il cosiddetto carbon leakage);
- modifiche delle politiche fiscali per allinearle maggiormente agli obiettivi del Green Deal;
- azioni per preservare e incrementare i carbon sink naturali come le foreste ed altri ecosistemi.

VALUTAZIONE DI IMPATTO E SCENARI

Il pacchetto del Green Deal è accompagnato da una valutazione di impatto (impact assesment) basata sull'analisi di tre scenari che raggruppano in modo coerente diverse opzioni di policy, riuscendo in tal modo a tenere conto dell'interconnessione delle varie proposte del pacchetto:

- Scenario REG: basato su un forte rafforzamento delle politiche energetiche e sul settore trasporti, senza l'introduzione di un carbon price nei segmenti di trasporto stradale e climatizzazione edifici;
- Scenario MIX: basato sul rafforzamento delle politiche energetiche e sul settore trasporti congiuntamente all'introduzione di un carbon price nei segmenti del trasporto stradale e della climatizzazione edifici (ETS);
- Scenario MIX-CP: basato principalmente sul rafforzamento del sistema ETS ed estensione del carbon price a trasporto stradale e climatizzazione edifici, accompagnato da un rafforzamento minore delle politiche in termini di efficienze energetica e rinnovabili.

Questi tre scenari sono stati elaborati dalla Commissione Europea partendo dallo Scenario di Riferimento 2020 [13] e, quindi, utilizzano le stesse ipotesi macroeconomiche aggiornate, inclusi l'impatto della pandemia di COVID e i prezzi internazionali dei carburanti. Lo Scenario di Riferimento UE 2020 costituisce uno dei principali strumenti di valutazione nella disponibilità dei decisori europei al fine di analizzare le prospettive a lungo termine in ambito economico, energetico, climatico e dei trasporti, basandosi sul quadro politico in vigore nel 2020.

L'analisi di scenario permette di valutare le diverse strade percorribili per arrivare agli obiettivi di decarbonizzazione. Ciascun percorso presuppone scelte fondate su ipotesi alternative. Inoltre, l'analisi di scenario consente di avere una valutazione quantitativa degli impatti di obiettivi e politiche energetico-ambientali e, grazie all'evidenza di eventuali sovrapposizioni, individuare i settori di intervento più promettenti, i bisogni infrastrutturali e tecnologici.

Va tenuto conto che gli scenari non sono previsioni ma rappresentazioni alternative del percorso di decarbonizzazione considerando congiuntamente le possibili alternative. Essi possono essere vincolati da obiettivi specifici da raggiungere e si basano su insiemi coerenti e consistenti di ipotesi sui driver chiave e sulle variabili guida (ad esempio, prezzi del carburante, evoluzione tecnologica).

OPZIONI DI POLICY	REG	MIX	MIX-CP
	ETS esteso a navigazione marittima intra-UE		
ETS	Nessuna ulteriore estensione	ETS esteso a trasporto su strada ed edifici	
		Stesso prezzo ETS	Prezzo ETS differenziato
Efficienza energetica	Aumento molto forte degli obiettivi (incluso più che raddoppio del <i>renovation rate</i> negli edifici)	Aumento moderato degli obiettivi (incluso il raddoppio del <i>renovation rate</i> negli edifici)	Aumento minimo degli obiettivi
Rinnovabili	Aumento molto forte degli obiettivi (inclusi incentivi per FER e H&C)	Aumento medio degli obiettivi (inclusi incentivi per FER e H&C)	Nessun aumento degli obiettivi
Trasporti	Infrastrutture di ricarica e rifornimento per combustibili alternativi Obiettivi su carburanti alternativi nel trasporto aereo e navale		
	CO ₂ standard ambiziosi: -60% auto e -50% furgoni	CO ₂ standard medi: -50% auto e -40% furgoni	CO ₂ standard più bassi: -40% auto e -35% furgoni

Figura 1 - Opzioni di policy negli scenari dell'impact assesment europeo. Fonte: [7]

Nello scenario REG, l'indicatore di intensità carbonica dell'industria italiana dovrebbe passare da 1,28 tCO₂/TEP a 1,08 tCO₂/TEP (Tabella 1). Negli scenari MIX e MIX-CP è praticamente identico (1,08 tCO₂/TEP).

	2005	2020	2010-2020	2020-2030
Emissioni di CO₂ in ambito domestico correlate all'energia (MtCO₂)	451,7	386,5	-3,9	-3,6
<i>di cui nell'industria</i>	61,2	40,9	-2,4	-2,8
Indicatori di intensità carbonica		-		
Produzione di energia elettrica e vapore (tCO₂/MWh)	0,54	0,45	-4,2	-8,2
Consumo di energia finale (tCO₂/tep)	2,06	1,87	-0,9	-2,2
<i>di cui industria</i>	1,65	1,41	-0,4	-2,1

Tabella 1 - Valutazione d'impatto delle politiche del pacchetto Fit for 55 nello scenario REG per l'Italia. Fonte: Rielaborazioni FIRE da [7]

Per raggiungere gli obiettivi del pacchetto *Fit for 55*, alcuni studi come [7] hanno costruito uno scenario energetico "FF55" che individua un percorso a minimo costo per l'intero sistema dati target e vincoli predefiniti. Tale scenario è stato costruito con l'obiettivo di raggiungere contemporaneamente i nuovi target vincolanti per l'Italia, secondo quanto proposto dal pacchetto *Fit For 55*, partendo dallo scenario costruito a supporto del PNIEC, aggiornato in base alle nuove proiezioni dei principali driver macroeconomici forniti dalla Commissione Europea, tenendo conto anche degli effetti della pandemia Covid19 sui consumi energetici. Nel definire il nuovo scenario si è tenuto poi conto delle misure del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) pubblicato a maggio 2021.

FF55

- ♦ Target **ETS**: -61% (obiettivo valido solo a livello EU)
- ♦ Target **ESR**: -43,7%
- ♦ **Carbon price** nei segmenti di trasporto stradale e climatizzazione edifici: -43%
- ♦ Target **FER**
 - ♦ FER_TOT: 36.5%
 - ♦ FER_trasporti: emissions savings >= 13%
 - ♦ FER_buildings: 49% consumi finali totali
- ♦ Target **efficienza energetica**
 - ♦ Obiettivo Formula: FEC (2030) = 94 Mtep
 - ♦ Risparmi secondo misure attive (art 8 EED)
 - ♦ Settore pubblico: 1.7% annuo consumi totali
- ♦ Target **idrogeno verde** ed **e-fuel**: 2.6% consumi trasporti, 50% consumi idrogeno nell'industria

Figura 2 - Target al 2030 per il raggiungimento degli obiettivi del pacchetto Fit for 55 nello scenario FF55. Fonte: [7]

Per quanto riguarda l'elettrificazione degli usi finali, lo scenario presenta maggiori consumi elettrici rispetto ai livelli del 2019, indice di una maggiore elettrificazione in tutti i settori finali. Infatti, l'elettrificazione dei consumi finali passa dal 21,7% del 2019 al 28%.

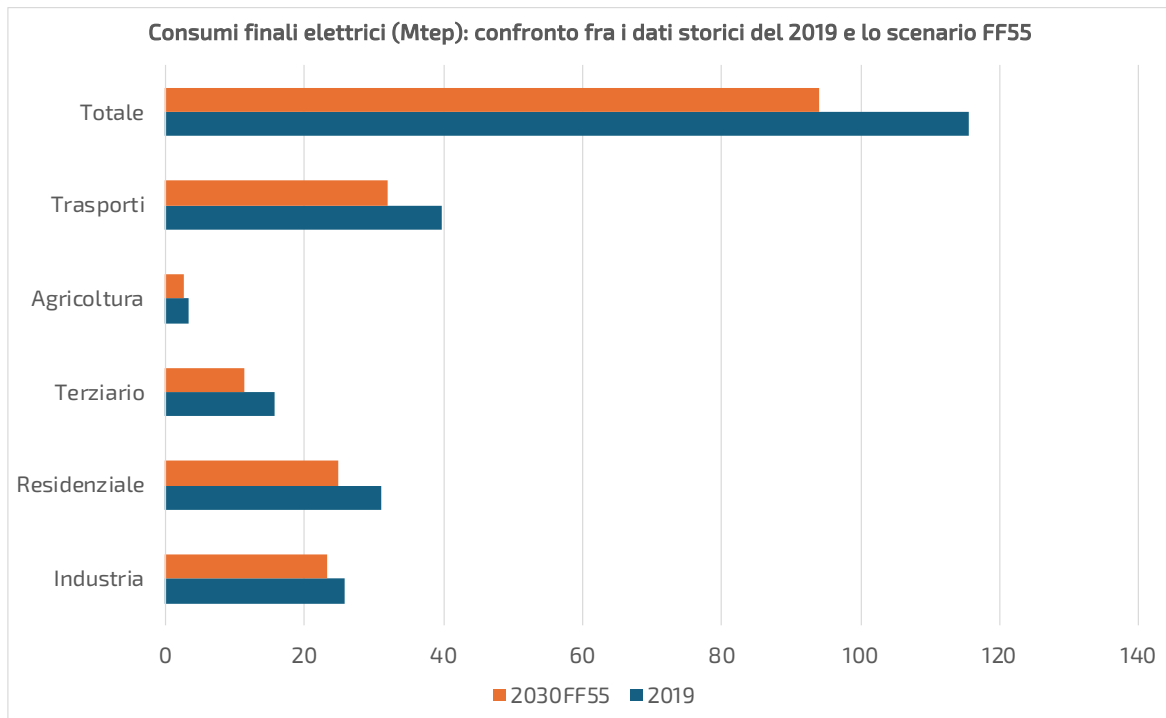


Figura 3 - Consumi finali elettrici: confronto fra i dati del 2019 e lo scenario FF55. Fonte: Rielaborazione FIRE da [7]

Secondo lo scenario, la crescente richiesta di "servizi elettrici" (pompe di calore, condizionamento e usi cottura) sembrerebbe essere compensata dal miglioramento delle prestazioni medie delle applicazioni (in particolare elettrodomestici e ampia diffusione dei LED nell'illuminazione) aspetto da accelerare tramite una politica di promozione degli elettrodomestici di nuova generazione più efficienti con nuova etichettatura energetica (classi da A a G). Se la curva di domanda elettrica nel settore di usi finali non vede nell'immediato futuro una crescita significativa, di contro, il processo di elettrificazione degli usi finali è destinata a continuare anche nei prossimi decenni.

Relativamente al livello di elettrificazione dei singoli settori, le variazioni positive dei consumi elettrici dei settori terziario e trasporti, rispetto allo scenario FF55, si traducono in una maggiore elettrificazione: la crescita dei consumi elettrici è superiore alla crescita complessiva dei consumi nei due settori. L'evoluzione più eclatante è nel settore trasporti. Nel settore industriale, nello scenario FF55 si raggiunge il 43% di elettrificazione mentre nel settore residenziale si passa dal 18% del 2019 al 24% nell'FF55.

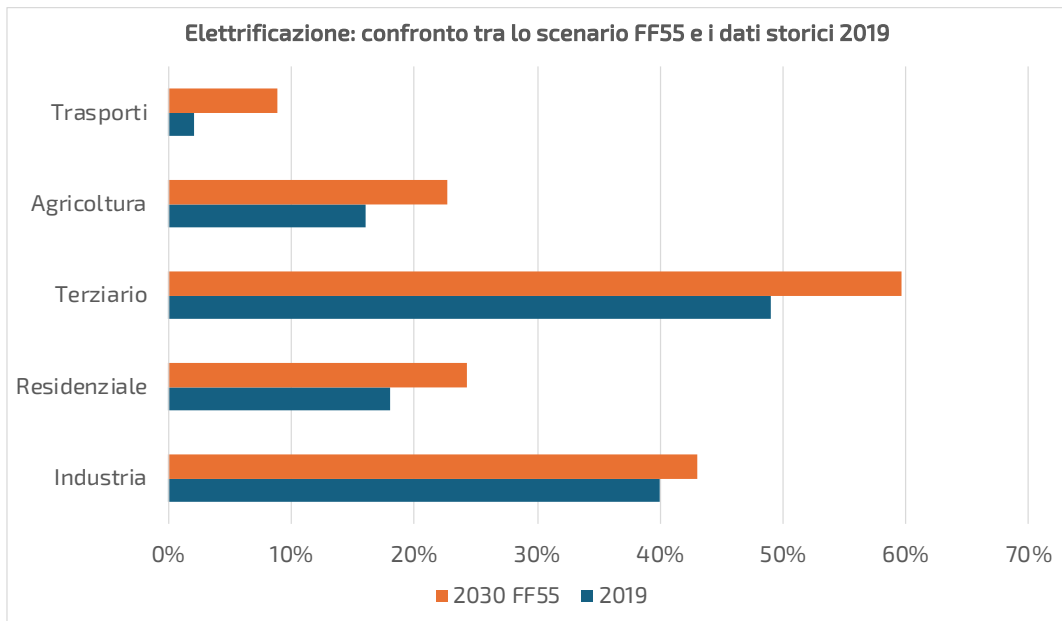


Figura 4 - Elettificazione: confronto tra lo scenario FF55 e i dati storici 2019. Fonte: Rielaborazione FIRE da [7]

A giugno 2025, in occasione della Global Energy Efficiency Conference della IEA, la Commissione Europea ha presentato la nuova tabella di marcia per l'efficienza energetica, caratterizzata da dieci ambiti di azione¹. In particolare, la Commissione ha rinnovato l'impegno verso l'integrazione dell'efficienza energetica nelle azioni normative riguardanti l'elettificazione e la trasformazione del sistema elettrico. Inoltre, verranno facilitati gli investimenti, anche nella comunicazione verso i cittadini.

¹ https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/new-impetus-energy-efficiency_en

ELETTRIFICAZIONE: POTENZIALE E TREND

In Italia, la quota elettrica nei consumi finali di energia è aumentata costantemente a partire dal 1990 e nel 2022 si è attestata al 22,3%. Il livello di elettrificazione dei consumi finali è piuttosto diversificato nei diversi settori produttivi. I servizi mostrano la quota più elevata di consumo di energia elettrica, con oltre il 50% del consumo finale del settore, mentre nell'industria il tasso di elettrificazione dei consumi finali nel 2022 è stato pari al 39% [1].

La valutazione dell'intensità di carbonio settoriale, espressa come rapporto tra emissioni carboniche e consumo di energia, fornisce un'indicazione del livello di decarbonizzazione dei diversi settori. L'intensità di carbonio media varia notevolmente tra i diversi settori, a seconda del diverso utilizzo di fonti rinnovabili e dell'elettrificazione del consumo finale. Nel periodo 1990-2022, l'intensità di carbonio delle industrie energetiche italiane è diminuita del 37,5%, passando da 4,82 t CO₂eq/tep a 3,01 t CO₂eq/tep. L'industria manifatturiera, invece, ha ridotto la propria intensità carbonica del 17,8% nel periodo 1990-2022, attestandola a 2,22 t CO₂eq/tep [1].

Considerando i soli usi energetici (ovvero escludendo gli usi come materia prima, etc.), a livello UE i tassi di elettrificazione dei consumi finali sono fortemente differenziati: si va dal 14,5% della Lettonia al 39,2% di Malta. L'Italia si colloca appena al di sotto della media UE27, con un tasso di elettrificazione globale del 22,3% rispetto alla media UE27 del 23%. Tra i paesi più grandi, Svezia, Francia e Spagna presentano livelli di elettrificazione più elevati rispetto all'Italia, rispettivamente il 33,8%, il 26,9% e il 24,8%. Al livello più basso si collocano Romania e Polonia, con rispettivamente il 15,4% e il 16,1% [1]. Ovviamente, trattandosi di valori percentuali che confrontano sistemi economico-produttivi tra loro estremamente differenti, occorre tenere presente che si tratta di dati che servono a dare un'idea del diverso approccio alla tematica dei diversi Paesi.

Analizzando i singoli settori, si nota come il tasso di elettrificazione industriale dell'Italia sia tra i più elevati in Europa (39% nel 2022), il più elevato tra i paesi più grandi e molto al di sopra alla media UE27 (33,3%) [1]. Ciò è legato soprattutto alla conformazione del settore industriale italiano, basato essenzialmente sulla manifattura e quindi su cicli produttivi nei quali è più facile inserire tecnologie elettriche in luogo di quelle a combustibili fossili.

Il tasso di elettrificazione nell'industria europea sembra aver raggiunto un plateau se si considera che nel periodo 2022-2024 questo valore non è aumentato, parallelamente ad una stagnazione della domanda di energia elettrica a livello UE. Sebbene ciò sia in parte dovuto a un aumento dell'efficienza elettrica, la causa principale è il calo della produzione industriale. Tale rallentamento della produzione industriale è stato particolarmente significativo in Italia nel periodo 2022-2024: a marzo 2025 l'indice della produzione industriale di ISTAT registrava una diminuzione dell'1,8% su base annua, in lieve ripresa ad aprile².

Se i tassi di elettrificazione nei diversi settori non riprenderanno ad aumentare, le proiezioni mostrano che sarà impossibile conseguire gli obiettivi fissati dalla Commissione Europea al 2030 nel RePowerEU. Nel Power Barometer 2024 [2], veniva specificato che il conseguimento degli obiettivi al 2030 per l'industria richiedeva che il tasso di elettrificazione europeo venisse moltiplicato per un fattore 1,4 così da passare dall'attuale 33% al 50% nel 2040. Nel Power Barometer 2025 [11], questo fattore è stato rivisto verso l'alto, attestandosi a 2,3.

² <https://www.istat.it/comunicato-stampa/produzione-industriale-marzo-2025/>

Le barriere che frenano lo sviluppo dell'elettrificazione nell'industria non sono di tipo tecnologico, considerando che il 92% della domanda di energia finale delle industrie europee potrebbe essere elettrificata con le tecnologie già disponibili che permettono di produrre calore di processo a vari livelli di temperatura [2]. Le ragioni che rallentano l'adozione di soluzioni come le pompe di calore vanno ricercate negli ostacoli di natura finanziaria e amministrativa. I costi elevati dell'elettricità hanno ulteriormente contribuito al rallentamento. L'aumento dei prezzi e della tassazione nella seconda metà del 2024 ha ridotto la convenienza economica delle pompe di calore, rendendole un'alternativa meno attraente rispetto ai sistemi di riscaldamento tradizionali [11].

Secondo [12], l'elettrificazione dei settori industriali è fondamentale per rafforzare la sovranità europea, realizzare benefici economici, affrontare l'impatto climatico e rafforzare il suo ruolo di leader nell'innovazione. Con la rapida diffusione delle nuove tecnologie di elettrificazione, l'Europa ha il potenziale per guidare l'innovazione e affermarsi come attore globale. Si possono tracciare parallelismi con l'eolico offshore, settore in cui i produttori europei hanno beneficiato del vantaggio del primo arrivato, con la Danimarca che ha installato il primo parco eolico offshore nel 1991, continuando a mantenere la leadership nella produzione di componenti chiave delle turbine, così come nei settori delle fondamenta e dei cavi. L'industria e i produttori di apparecchiature originali dovranno collaborare strettamente per sviluppare soluzioni innovative nell'ingegneria, nella progettazione dei processi e nella produzione, al fine di migliorare l'efficienza; soprattutto quando risulta difficile raggiungere economie di scala a causa del numero limitato di installazioni con progetti su misura. Potrebbe essere necessario un ulteriore supporto attraverso quadri normativi favorevoli, per promuovere l'innovazione e la diffusione su larga scala di soluzioni innovative fino alla loro applicazione commerciale.

Diversi studi, fra cui [10], mostrano che il potenziale tecnico di elettrificazione dei processi industriali nelle industrie manifatturiere potrebbe raggiungere tra il 90% e il 99% a metà degli anni 2030.

Per quanto detto, il potenziale di elettrificazione italiano risulta ancora ampiamente non sfruttato, soprattutto per ciò che riguarda gli edifici residenziali e i trasporti e in misura minore (ma comunque significativa) per quanto attiene all'industria. Alle pompe di calore è assegnata un'importanza preminente nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) inviato alla Commissione Europea nel 2024, in cui si legge che *"le pompe di calore, considerate le loro elevate prestazioni, avranno un crescente peso nel mix termico rinnovabile, ulteriormente supportato dal progresso tecnologico del settore, nel quale potranno confrontarsi le diverse prestazioni e caratteristiche di pompe elettriche e a gas. Ci si attende che l'incremento del contributo fornito dalle pompe di calore avverrà grazie all'installazione di nuove macchine ed all'aumento della frequenza di impiego delle macchine già in esercizio, in sostituzione del consumo di combustibili fossili. Per quanto concerne le nuove installazioni, si porrà particolare attenzione allo sviluppo delle applicazioni geotermiche, in considerazione delle elevate prestazioni."*

Vale la pena citare il tema dei prezzi di energia elettrica e gas naturale, che sono una delle barriere all'elettrificazione nel nostro Paese. I diagrammi in Figura 5, tratti dalla Relazione annuale di ARERA del 2024, mostrano come il costo dell'elettricità per clienti non residenziali in Italia sia decisamente più alto di diversi altri Paesi membri dell'Unione. Il costo del gas si presenta invece più allineato con quello della media europea. È importante evidenziare che il rapporto fra il costo del MWh elettrico e quello del gas naturale risulta pari circa a quattro, contro il valore tre di altri Paesi.

Questo significa che le imprese italiane sono particolarmente sfavorite nell'adozione di soluzioni per l'elettrificazione, proprio nel Paese dove le imprese avrebbero più bisogno di sfruttarne i benefici anche in termini di riduzione della bolletta. All'esigenza di intervenire sui prezzi dell'energia, si somma dunque

quella di ridurre il rapporto fra il costo del MWh elettrico e quello del gas naturale per sostenere allo stesso tempo competitività e decarbonizzazione dei consumi.

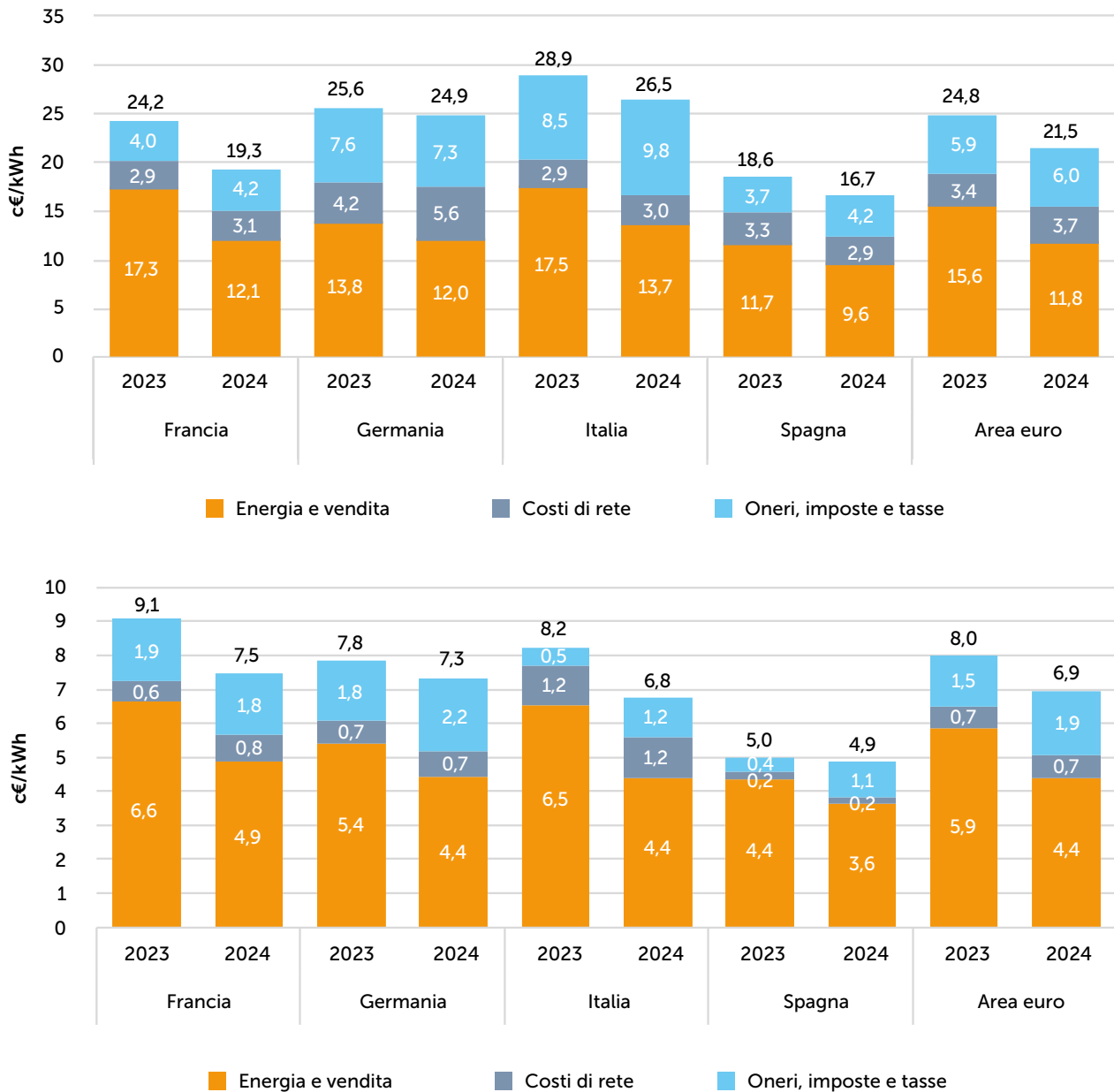


Figura 5. Costo del kWh elettrico (sopra) e del gas naturale (sotto) per clienti non residenziali. Fonte: Relazione annuale ARERA.

LE SOLUZIONI

Le soluzioni già esistenti potrebbero elettrificare gran parte della produzione di calore nei processi industriali, potenzialmente riducendo la domanda di combustibile del 62%. Un altro 20% della domanda di combustibile potrebbe essere elettrificato a partire dal 2030 con tecnologie attualmente in fase di sviluppo. Per erodere il rimanente 8% della domanda di combustibile, le tecnologie di elettrificazione potrebbero diventare disponibili entro il 2035 (Figura 6) [3].

Ovviamente, il potenziale delle elettro-tecnologie industriali è diverso a seconda della tipologia di contesto produttivo. Mentre settori con una domanda di calore a bassa temperatura, come quello alimentare o cartario, possono essere elettrificati in larga misura utilizzando le tecnologie attuali, nell'industria siderurgica e in generale nei cosiddetti settori *hard-to-abate* il margine di penetrazione delle tecnologie elettriche attuali è invece limitato.

Dal punto di vista economico, i settori *hard-to-abate* hanno un ruolo fondamentale nel tessuto industriale italiano, generando il 5% del valore aggiunto lordo nazionale mentre, se si considera l'impatto emissivo, tali industrie risultano responsabili di circa il 20% delle emissioni complessive di CO₂ dirette (scope 1) a livello nazionale. Decarbonizzare questi settori richiede l'adozione di una serie di strumenti e soluzioni tecnologiche, compreso l'impiego dell'idrogeno, specie dove l'elettrificazione diretta non è possibile o non risulta implementabile per la tipologia di bene prodotto. Per questi settori, dunque, il recupero del calore di scarto rappresenta un'azione prioritaria molto efficace da implementare per ridurre le emissioni e i consumi [3].

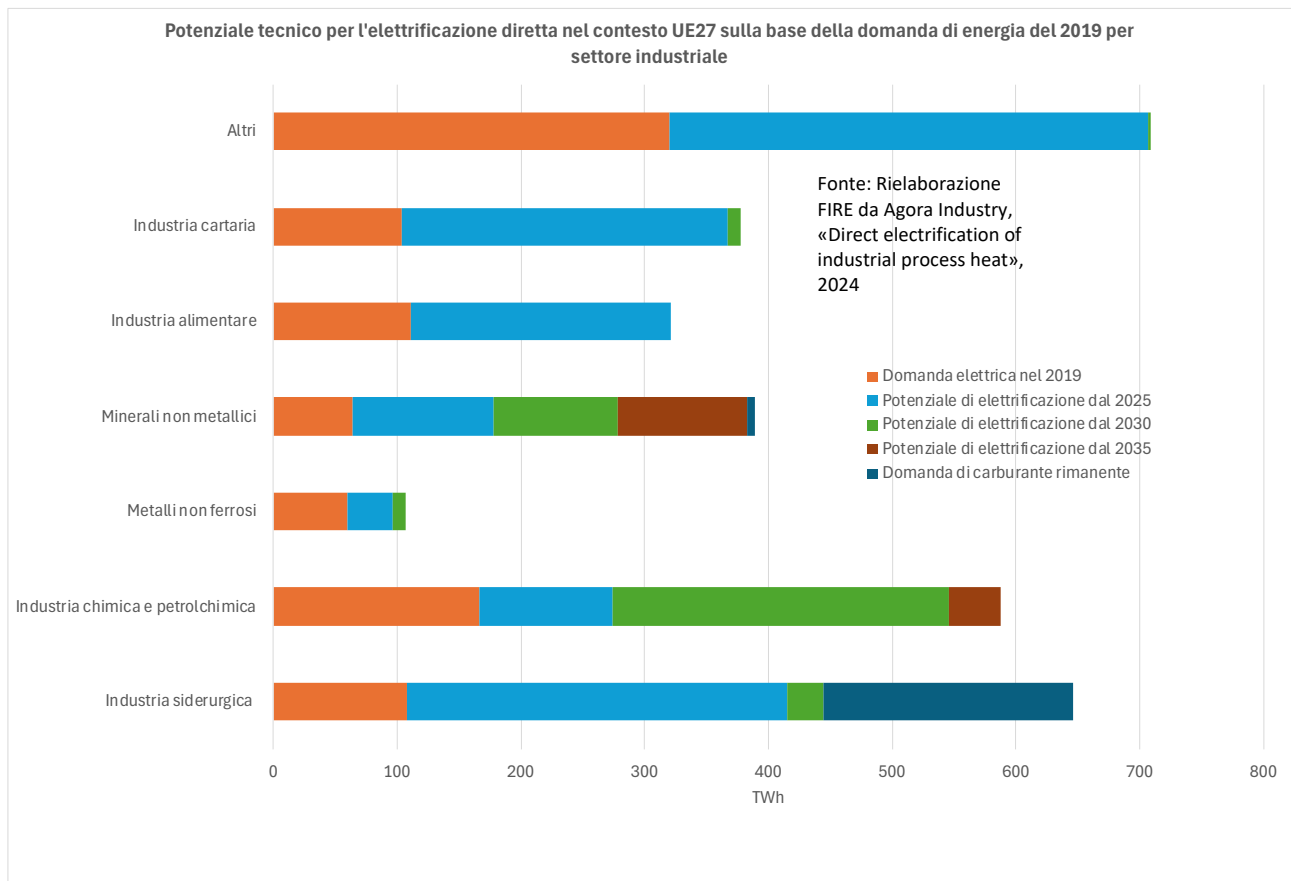


Figura 6 - Potenziale di elettrificazione per settore industriale

L'elettrificazione può essere realizzata attraverso diverse tecnologie in base alle esigenze specifiche del processo.

- Il riscaldamento resistivo è una tecnologia versatile che può essere applicata a molti processi ma che presenta delle limitazioni significative, come l'elevata densità energetica e quindi la necessità di grandi superfici. La tecnologia che si prevede di sviluppare mira a superare le sfide nelle applicazioni

ad alta capacità e alta temperatura (fino a 2.000°C), come la sinterizzazione del cemento e la laminazione a caldo dell'acciaio.

- Il riscaldamento per induzione ha potenzialità nel settore della lavorazione dei metalli, dove è già utilizzato in applicazioni specifiche.
- La tecnologia a plasma sta emergendo come un'alternativa promettente per processi ad alta temperatura (fino a 3.000°C) grazie alla sua facilità di integrazione nei forni esistenti. Tuttavia, limitazioni quali la bassa durata delle torce al plasma e l'efficienza inferiore rispetto ai forni a gas, restringono il campo di applicabilità a breve termine di questa tecnologia.
- Tecnologie innovative come lo *shock-wave heating* migliorano l'attrattiva e l'applicabilità dell'elettrificazione diretta, soprattutto in processi ad alta capacità e alta temperatura. Queste e altre tecnologie sono destinate a migliorare nel prossimo decennio, ampliando l'applicabilità dell'elettrificazione anche in aree sfidanti.
- Le caldaie elettriche e le pompe di calore sono molto adatte in applicazioni a bassa e media temperatura, dove sono necessari acqua calda o vapore. Le tecnologie sono mature per l'uso industriale. Le pompe di calore, in particolare quando impiegate a temperature appropriate, offrono significativi vantaggi in termini di efficienza nei settori cartario, alimentare e chimico.

Può essere utile evidenziare che l' Announced Pledges Scenario della IEA prevede un aumento del fabbisogno di calore di processo in tutti gli intervalli di temperatura nel periodo 2021-2030.

La generazione di calore attraverso tecnologie elettriche presenta in generale un'efficienza superiore rispetto alla produzione di calore tramite tecnologie a combustibile anche se le soluzioni più efficienti dal punto di vista energetico sono spesso più difficili da integrare nei processi esistenti rispetto a opzioni meno efficienti (ad esempio, la pompa di calore rispetto alla caldaia elettrica). Come regola generale, più bassa è la temperatura del processo, maggiori saranno le potenzialità di efficienza che si possono ottenere passando all'elettrificazione diretta [3].

L'ampia disponibilità sul mercato di pompe di calore industriali rende tali tecnologie adatte a molte applicazioni, specie quelle in cui vi è necessità di calore e di freddo. Si pensi, ad esempio, ad un ciclo produttivo nel quale è inclusa una fase di essiccazione: la pompa di calore può utilizzare il calore di scarto del sistema di refrigerazione per fornire calore all'essiccatore, soddisfacendo allo stesso tempo le esigenze di raffreddamento. Nei contesti industriali, gli usi per i quali le pompe di calore sono tipicamente utilizzate sono la distillazione, la deumidificazione, i processi di evaporazione e riscaldamento o raffreddamento dell'acqua.

Le pompe di calore industriali possono essere molto efficienti, con un COP superiore a tre, quando il salto di temperatura, cioè la differenza tra la temperatura di ingresso e quella di uscita, si trova nell'intervallo tra 30 e 50°C. Per salti di temperatura più elevati, il COP è generalmente più basso, anche se una pompa di calore può essere configurata in modo da limitare la perdita di efficienza, ad esempio incorporando scambiatori di calore intermedi o cicli a cascata (dove la pompa opera come due cicli a singolo stadio collegati tra loro tramite uno scambiatore di calore a cascata). Tali sistemi hanno costi significativamente più alti [5].

C'è un interesse crescente nell'uso del vapore in apparecchiature di ricompressione meccanica del vapore o MVR (Mechanical Vapour Recompression) che, come le pompe di calore, utilizzano l'elettricità per elevare la temperatura del calore. La ricompressione meccanica del vapore è una tecnologia ormai matura che permette per esempio di riutilizzare il vapore prodotto durante l'evaporazione per alimentare lo stesso processo di evaporazione, riducendo così il consumo di energia esterna. In pratica, il vapore secondario viene compresso per aumentarne la temperatura e la pressione, e quindi riutilizzato come

fluido termovettore per l'evaporazione. Le proprietà fisiche dell'acqua consentono di raggiungere temperature più alte nei cicli aperti rispetto ad altri fluidi refrigeranti utilizzati nei cicli chiusi, senza restrizioni dovute a rischi ambientali o di incendio. In una configurazione a ciclo aperto, è possibile produrre vapore ad alta temperatura da vapore a pressione più bassa o condensato. Poiché il vapore è uno dei vettori di calore preferiti nell'industria, questa tecnologia è molto adatta a soddisfare le esigenze di calore industriale [5].

Il ricorso all'idrogeno è un'altra opzione per fornire calore a basse emissioni per l'industria. Il maggior potenziale per questo vettore energetico si trova nelle applicazioni ad alta temperatura, dove le pompe di calore non possono operare e l'elettificazione diretta è difficile. L'idrogeno potrebbe tecnicamente anche sostituire il gas naturale nelle caldaie per il riscaldamento a temperature più basse e la produzione di vapore. Tuttavia, rispetto alle pompe di calore o all'elettificazione diretta, il calore a base di idrogeno soffre di una bassa efficienza complessiva a causa delle perdite nella produzione di idrogeno a basse emissioni tramite elettrolisi e dei costi elevati [5]. Da segnalare come nel PNIEC venga prevista una riduzione dei costi della tecnologia dell'elettrolisi: secondo il Piano italiano, tale contrazione dei costi e il contestuale varo di misure di supporto consentirà di disporre di idrogeno rinnovabile, anche in *blending* con gas naturale, per la decarbonizzazione dei settori industriali ad alta intensità energetica e dei trasporti commerciali a lungo raggio.

Il settore cartario, alimentare e chimico sono i settori industriali in cui le pompe di calore mostrano i livelli di maturità tecnologica (TRL) più alti, come mostrato in Tabella 2.

Secondo [5], nell'industria cartaria, circa il 65% del fabbisogno di calore di processo in tutti gli intervalli di temperatura potrebbe essere soddisfatto dalle pompe di calore industriali, pur con la necessità di modifiche di sistema.

Nell'industria alimentare, circa il 40% di tutti i processi può essere coperto dalle pompe di calore, principalmente dove sono necessarie temperature fino a 150 °C, a causa della limitata disponibilità di calore di scarto ad alta temperatura.; due terzi circa del fabbisogno di calore al di sotto di questa soglia potrebbero essere soddisfatti dalle pompe di calore, in base all'attuale disponibilità di calore di scarto. Il potenziale sarebbe maggiore se si sfruttassero fonti di calore aggiuntive provenienti da impianti industriali limitrofi o se i processi fossero modificati per funzionare a temperature più basse, ad esempio utilizzando acqua calda al posto del vapore.

Nell'industria chimica, dove la maggior parte dei processi richiede temperature molto elevate, le pompe di calore possono coprire solo circa un quarto del fabbisogno di calore di processo. Tuttavia, i processi a bassa temperatura in questo settore beneficiano di notevoli quantità di calore di scarto provenienti da altri processi nello stesso sito.

Circa il 30% del fabbisogno combinato di calore di processo per questi tre settori potrebbe essere soddisfatto dalle attuali tecnologie a pompa di calore. Si stima che in Europa, in questi tre settori, si potrebbero integrare circa 3.000 impianti per una capacità combinata di 15 GW [5].

Intervallo di temperatura	Technology Readiness Level (TRL)	Esempi di applicazione
<80 °C	TRL 11: Stabilità di mercato	Cartario: de-inchiostrazione Alimentare: concentrazione Chimico: bio-reazioni
80 - 100 °C	TRL 10: Commerciale e competitiva, ma non ancora raggiunta la produzione su larga scala	Cartario: sbiancamento Alimentare: pastorizzazione Chimico: evaporazione
100 - 140 °C	TRL 8-9: Applicazioni commerciali per casi specifici	Cartario: bollitura della polpa Alimentare: evaporazione Chimico: concentrazione
140 - 160 °C	TRL 6-7: Dimostrazioni pre-commerciali	Cartario: bollitura della polpa Alimentare: essiccazione Chimico: distillazione Altro: produzione di vapore
160 - 200 °C	TRL 8-9: Applicazioni commerciali per sistemi MVR e scambiatori di calore su piccola scala TRL 4-5: Primi prototipi	Processi trasversali: produzione di vapore ad alta temperatura
>200 °C	TRL 4: Primi prototipi	Processi trasversali: processi ad alta temperatura

Tabella 2 - TRL delle pompe di calore industriali per intervallo di temperatura. Fonte: rielaborazione FIRE da [5]

Le pompe di calore industriali sono spesso progettate per processi e configurazioni di temperatura specifici, limitando le opportunità di produzione in serie e con un conseguente aumento dei costi di progettazione e produzione. Esistono anche differenze di costo e fattibilità tra l'installazione di pompe di calore per nuovi processi o per l'ammodernamento di processi esistenti, che può essere molto più complesso. Alcuni settori hanno requisiti operativi specifici. Ad esempio, i refrigeranti utilizzati nelle pompe di calore nell'industria alimentare sono soggetti a requisiti più severi per il contatto con il prodotto e potrebbero richiedere un ciclo di riscaldamento aggiuntivo per garantire la sicurezza alimentare [5].

Come evidenziato in [10], i processi di riscaldamento industriale a bassa-media temperatura (100°-500°C) possono già essere elettrificati con tecnologie a basse emissioni di carbonio commercialmente mature e competitive, specificamente nei settori alimentare e delle bevande, carta e pasta e chimico.

Attualmente, dal 50% al 70% di tutti i processi di riscaldamento industriale presenta una tecnologia a basso contenuto di carbonio alternativa che potrebbe tecnicamente decarbonizzare l'uso energetico.

Da [16] emerge che circa il 3% dei processi al 2020 erano elettrificati a fronte del 60% elettrificabile con le tecnologie attuali, che diventerebbero il 90% entro il 2035.

Nel 2035, si prevede che dal 90% al 99% dei processi di riscaldamento industriale disporrà di una tecnologia a basso contenuto di carbonio matura disponibile per abilitare la loro decarbonizzazione.

Settore	Applicazione	Tecnologia di riferimento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Tecnologia di riferimento + CCS
Alimentare e delle bevande	Produzione del latte in polvere	Gas naturale (cogenerazione)	Energia elettrica (generatore di vapore elettrico)	Energia elettrica (pompa di calore)	Idrogeno verde (generatore di vapore a idrogeno)		Gas naturale & CCS (cogenerazione+cattura e stoccaggio)
Cartario	Asciugatura della carta	Gas naturale (cogenerazione)	Energia elettrica (generatore di vapore elettrico)	Energia elettrica (pompa di calore)	Idrogeno verde (generatore di vapore a idrogeno)		Gas naturale & CCS (cogenerazione+cattura e stoccaggio)
Chimico	Produzione di vapore	Gas naturale (cogenerazione)	Energia elettrica (generatore di vapore elettrico)	Energia elettrica (pompa di calore)	Idrogeno verde (generatore di vapore a idrogeno)		Gas naturale & CCS (cogenerazione+cattura e stoccaggio)
Siderurgico	Riscaldamento in continuo acciaio piano/lungo	Natural gas (forno a trave mobile)	Energia elettrica (forno a induzione a crogiolo)	Idrogeno verde (forno a trave mobile)	Energia elettrica & Biogas (forno a focolare rotante)	Energia elettrica & idrogeno verde (forno a focolare rotante)	Gas naturale & CCS (forno a trave mobile+cattura e stoccaggio)
Alluminio	Digestione nella raffinazione dell'allumina	Gas naturale (generatore di vapore a gas)	Energia elettrica (generatore di vapore elettrico)	Idrogeno verde (generatore di vapore a idrogeno)			
Vetro	Fusione continua del vetro piano	Gas naturale (sistema di bruciatori incrociati rigenerativo)	Energia elettrica (fornace elettrica)	Idrogeno verde (sistema di bruciatori incrociati rigenerativo)	Energia elettrica & Biogas (sistema di bruciatori incrociati rigenerativo con boost elettrico)	Energia elettrica & idrogeno verde (fornace rigenerativa elettrificata)	Gas naturale & CCS (sistema di bruciatori incrociati rigenerativo+cattura e stoccaggio)
Cemento	Cottura continua del clinker	Mix di combustibili (forno rotativo)	Energia elettrica (forno rotativo scaldato elettricamente)	Idrogeno verde (forno rotativo)	Energia elettrica & mix di combustibili fossili (forno rotativo elettrificato)	Biomassa & idrogeno verde & energia elettrica (forno rotativo con boost elettrico)	Mix di combustibili fossili & CCS (forno rotativo+cattura e stoccaggio)
Legenda colori:							
Maturità della tecnologia		2025	2030	2035	2040+		

Tabella 3. Tecnologie a basse emissioni di carbonio per i settori industriali e gli impieghi di riscaldamento considerati e il loro potenziale livello di maturità/prontezza. Fonte: rielaborazione FIRE da [10].

FILIERE

Nel settore delle pompe di calore industriali, l'UE ha una posizione di primo piano a livello mondiale. I principali fornitori si trovano in Europa e coprono l'intera catena del valore con tutti i componenti rilevanti. Secondo le informazioni raccolte nelle interviste realizzate nel corso dello studio, il 60% della componentistica delle pompe di calore, compresi i compressori impiegati nelle macchine, è italiana. Allargando lo sguardo in un'ottica continentale, circa l'87% - 90% della filiera della realizzazione di queste apparecchiature è europea. Per quanto riguarda l'assemblaggio, l'Italia è il secondo Paese dopo la Germania in Europa sia per valore occupazionale che per valore della produzione (4-5 miliardi su 24 di valore totale in Europa).

Tuttavia, questa catena del valore necessita di ingenti investimenti per mantenere il suo ruolo di leadership ed estendere la capacità produttiva a livello globale, poiché negli Stati Uniti e in Asia numerosi player stanno investendo nell'ampliamento delle proprie catene di approvvigionamento, al fine di aumentare la penetrazione nel mercato europeo [6].

La catena del valore delle pompe di calore presenta alcuni punti di debolezza che riguardano soprattutto le competenze e i materiali. La carenza di manodopera qualificata rappresenta un collo di bottiglia sia nelle applicazioni domestiche che in quelle industriali. Nel caso industriale, la progettazione dei sistemi richiede un elevato livello di personalizzazione in base alle esigenze specifiche. La *supply chain* sconta anche la debolezza generata dai rischi di approvvigionamento di componenti come semiconduttori e magneti permanenti.

Punti di forza	Punti di debolezza
<p>Elevata quota di mercato dei produttori (assemblatori) europei.</p> <p>UE leader nella produzione di pompe di calore idroniche e pompe di calore di grandi dimensioni per diverse applicazioni.</p> <p>Nessun rischio specifico di fornitura, elevato grado di comunanza dei componenti con altri prodotti.</p> <p>Tecnologia matura.</p> <p>Solida pipeline di investimenti</p>	<p>Produzione di alcuni componenti chiave, compressori e refrigeranti dominata da un numero limitato di fornitori extra-UE.</p>
Opportunità	Rischi
<p>L'UE può mantenere la sua leadership globale come produttore di pompe di calore industriali puntando alla standardizzazione e all'ampliamento della gamma di applicazioni per temperature più elevate.</p> <p>Il passaggio dell'UE ai refrigeranti naturali offre alle sue industrie l'opportunità di diventare leader nelle tecnologie delle pompe di calore ecosostenibili.</p> <p>I produttori qualificati dell'UE, con una solida pipeline di investimenti, sono ben posizionati per migliorare la competitività in altri settori in crescita delle pompe di calore, come le pompe di calore aria-aria.</p> <p>L'ingresso di produttori di pompe di calore extra-UE potrebbe rappresentare una minaccia competitiva, ma potrebbe anche introdurre investimenti di capitale, innovazione ed economie di scala attraverso acquisizioni o la creazione di filiali.</p>	<p>Il calo delle vendite nel 2023 ha messo in difficoltà molte aziende nel recuperare i propri investimenti in capacità produttiva.</p> <p>Sebbene la formazione per l'installazione di pompe di calore sia relativamente breve, la richiesta di mercato di installatori ed esperti potrebbe essere superiore all'offerta.</p> <p>Una quota crescente di importazioni extra-UE rappresenta una minaccia per l'industria manifatturiera dell'UE. Le importazioni dalla Cina sono in aumento negli ultimi tre anni. La capacità produttiva dell'UE si sta adeguando e i produttori extra-UE potrebbero creare filiali nell'UE, minacciando gli attuali leader di mercato.</p>

Tabella 4 - SWOT analysis della catena del valore delle pompe di calore nel contesto UE. Fonte: rielaborazione FIRE da [6]

Ulteriori elementi di criticità riguardano le vendite: nel 2022, le vendite di pompe di calore industriali in UE27 hanno raggiunto le 2.618 unità, in aumento del 171% rispetto all'anno precedente, tuttavia, nel 2023 si è riscontrato un successivo calo, con le vendite totali scese a 1.354 unità [6].

Una sintetica *SWOT analysis* della catena del valore delle pompe di calore nel contesto UE è riportata in Tabella 4.

Per sfruttare il potenziale dell'applicazione delle tecnologie delle pompe di calore industriali, sono necessari progetti di ricerca e sviluppo per immetterle sul mercato il più rapidamente possibile che coinvolgano i partner industriali al fine di facilitarne l'implementazione e la commercializzazione. Come espresso sopra, mentre alcuni settori come l'alimentare, il cartario e il chimico sono già a buon punto nel processo di penetrazione delle pompe di calore industriali, esistono settori industriali di grandi dimensioni ancora non sufficientemente interessati dai progetti di ricerca e sviluppo.

Una ricerca di mercato del 2024 [14] ha stimato il valore del mercato globale delle pompe di calore industriali pari a 9,5 miliardi di dollari nel 2023. Il mercato europeo delle pompe di calore industriali è stato stimato pari a circa 460 milioni di dollari nel 2023 e si prevede che crescerà a un tasso di crescita annuale composto (CAGR) superiore al 5,7% dal 2024 al 2032. Tale crescita sarà sospinta dall'emanazione dei provvedimenti normativi oltre che dalla crescente consapevolezza dei consumatori. Le pompe di calore rientrano tra le 19 tecnologie strategiche a livello europeo per la neutralità carbonica. Un'apposita misura del PNRR (TCTF2.8 - Misura di agevolazione per creare fabbriche per le pompe di calore) agevola la costruzione di stabilimenti produttivi per queste tecnologie, tuttavia tale misura verrà superata entro febbraio 2026 dal Clean Industrial Deal State Aid Framework (CISAF) che offre agli Stati membri una cornice normativa aggiornata e flessibile, con procedure di approvazione semplificate che consentono di accelerare la realizzazione dei progetti e di rispondere rapidamente alle esigenze industriali e territoriali. Gli aiuti possono assumere diverse forme: sovvenzioni dirette, vantaggi fiscali (come crediti d'imposta e ammortamenti accelerati), prestiti agevolati e garanzie pubbliche.

In [8] è stato creato un modello di catena di approvvigionamento nel contesto EU27+UK per le pompe di calore industriali al fine di suddividere i costi lungo tutta la filiera e identificare le attrezzature e i servizi, i cui risultati sono riportati in Figura 7. La catena di approvvigionamento include i costi associati alle pompe di calore ad aria e a fonte geotermica, che sono stati scalati in base alle loro proiezioni di utilizzo nel settore. I costi sono suddivisi tra attività preliminari, approvvigionamento e fornitura di materiali necessari per i componenti della tecnologia, installazione, assicurazione della qualità, e i costi di gestione e manutenzione.

Come si evince dal modello, la filiera europea formata da attività preliminari, approvvigionamento delle materie prime e installazioni e manutenzioni vale circa 275 milioni di euro. La fase di "manufacturing" è quella più significativa economicamente ed anche quella strategicamente più critica visto che per ciascuno dei componenti chiave della tecnologia manca una supply chain locale.

LE POLITICHE VIGENTI

Di seguito si riporta una sintesi delle politiche nazionali collegate alla decarbonizzazione dell'industria, partendo dai provvedimenti comunitari che producono e produrranno un maggiore impatto in tal senso.

DIRETTIVA EFFICIENZA ENERGETICA (EED)

La *Energy Efficiency Directive* (EED) è la direttiva UE che tratta il tema dell'efficienza energetica nel contesto comunitario. Pubblicata nel 2023 come direttiva 1791 (rifusione), l'EED promuove misure legalmente vincolanti per incoraggiare l'efficienza energetica in tutte le fasi e settori della catena di approvvigionamento stabilendo un quadro comune per la promozione dell'efficienza energetica. La revisione dell'EED ha introdotto nuovi obiettivi e disposizioni, tra cui nuovi requisiti per gli Stati membri affinché adottino misure per attuare miglioramenti dell'efficienza energetica nelle famiglie a basso reddito, nei consumatori vulnerabili e negli edifici di edilizia sociale. La direttiva rivista richiede agli Stati membri dell'UE di garantire collettivamente una riduzione aggiuntiva del consumo energetico del 9% entro il 2030 rispetto alle proiezioni dello scenario di riferimento del 2020. Ciò significa che il consumo energetico complessivo dell'UE non dovrebbe superare i 1.023 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) di energia primaria e i 787 Mtep di energia finale entro il 2030.

L'EED raccomanda l'uso di pompe di calore nel riscaldamento e raffreddamento, così come di altre tecnologie e per il recupero del calore di scarto [9]. L'articolo 23 della EED fornisce un quadro di riferimento per la pianificazione, in termini di individuazione del potenziale di efficienza energetica e di energie rinnovabili nel settore del riscaldamento e raffreddamento, e richiede che gli Stati membri attuino politiche e misure per sfruttare questo potenziale. Queste politiche e misure supportano direttamente il raggiungimento dell'obiettivo di energia rinnovabile nel settore del riscaldamento e raffreddamento.

Fra le parti innovative rispetto alla direttiva 2012/27/UE vi è l'obbligo di adozione di sistemi di gestione dell'energia (SGE) certificati ISO 50001 da parte delle imprese oltre gli 85 TJ, ossia circa 2.030 tep di consumi annui. Si tratta di uno strumento che potrebbe accelerare nel tempo la realizzazione di azioni collegate all'elettrificazione dei consumi e allo sfruttamento dei cascami termici nell'industria. La Figura 8 riporta la situazione dei primi Paesi al mondo per numero di siti certificati secondo la norma sugli SGE. Vale la pena notare come sei Paesi europei si trovino fra le prime otto posizioni. La Germania svetta in ragione della scelta, operata diversi anni or sono, di richiedere la certificazione ISO 50001 alle imprese ammesse ai benefici per gli energivori, ossia per quelle aziende in cui i consumi di energia hanno un impatto consistente sulla struttura costi e sul fatturato.

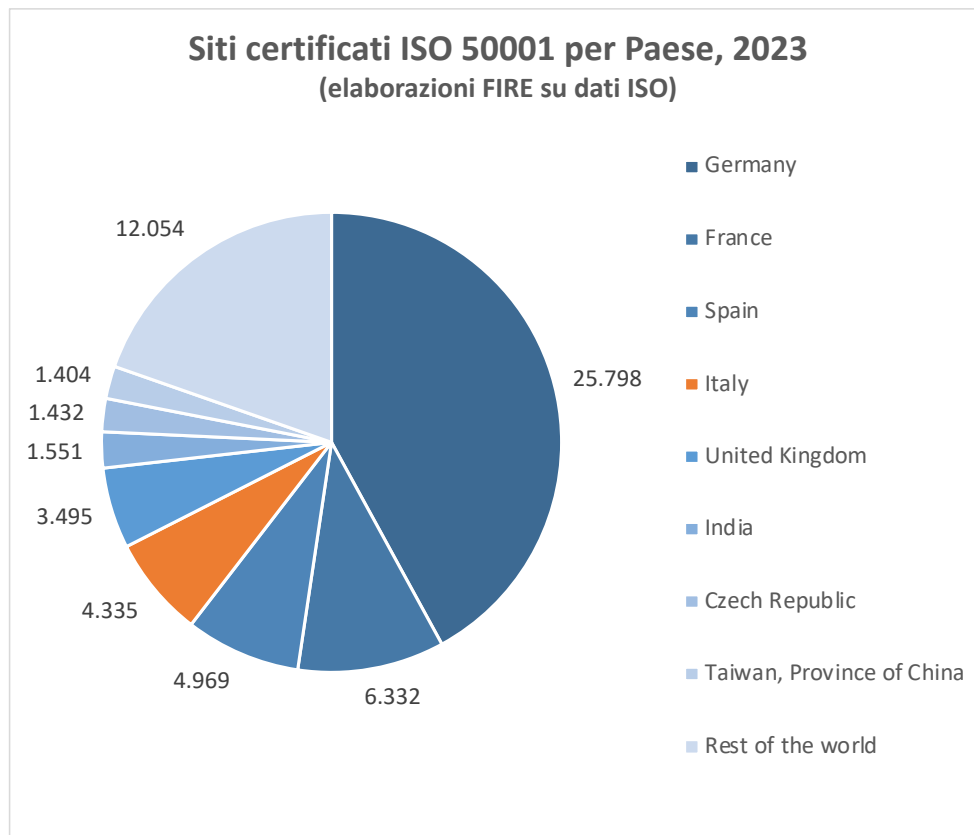


Figura 8 - Siti certificati ISO 50001 secondo la survey ISO del 2024.

CLEAN INDUSTRIAL DEAL (CID)

A febbraio 2025 la Commissione Europea ha reso disponibile il *Clean Industrial Deal* (CID), una roadmap congiunta per la competitività e la decarbonizzazione in UE. L'elettificazione dei consumi industriali è uno dei punti chiave del piano che, tuttavia, non delinea delle strategie di azione precise. Tali linee programmatiche possono comunque essere desunte dal piano stesso e potranno riguardare [9]:

- I processi e gli ambiti nei quali il passaggio alle elettro-tecnologie può avvenire da subito ovvero tutte le applicazioni industriali in cui è richiesto calore di processo a temperature inferiori ai 150°C. Nei settori in cui sono presenti tali applicazioni, come l'industria alimentare o quella tessile, il passaggio alle tecnologie elettriche è ottenibile tramite azioni di contenimento dell'OpEx che il CID individua e che riguardano soprattutto i costi dell'energia elettrica e il rafforzamento delle reti di distribuzione e trasmissione. In questo senso, l'aspetto della tassazione è fondamentale, visto l'impatto delle imposte sul prezzo al consumo dell'energia elettrica. Tale impatto è difforme fra gli Stati membri e dunque sfugge ad una regia unificata. Strumenti come il prossimo ETS 2 potrebbero essere utilizzati per superare questo ostacolo alla competitività europea.
- I processi e gli ambiti nei quali le elettro-tecnologie non sono ancora sufficientemente mature o non abbastanza competitive se raffrontate alle soluzioni basate sui combustibili fossili ovvero le applicazioni industriali in cui è richiesto calore di processo a temperature comprese tra 150°C e 450°C. Per tali ambiti il CID punta alla crescita di economie di scala necessarie per ridurre i costi delle tecnologie, proteggendo, al contempo, i produttori europei dalla concorrenza internazionale. Le

iniziative a sostegno delle tecnologie necessarie, sul modello del Fondo per l'innovazione, sono importanti per portare le tecnologie necessarie dalla scala dimostrativa a quella commerciale.

- I processi e gli ambiti nei quali il passaggio alle elettro-tecnologie non è ancora possibile poiché è necessario un ampio lavoro di ricerca e sviluppo per consentirne l'adozione. Si tratta di processi ad alta temperatura in cui l'utilizzo del vettore elettrico è impossibile o a rendimento talmente ridotto da annullare i vantaggi economici o in cui i combustibili fossili sono utilizzati come materia prima, come il cemento primario. Non potendo beneficiare della maggiore efficienza dell'elettrificazione immediata, questi settori necessitano di piani settoriali dedicati per poter accedere a fonti energetiche decarbonizzate alternative ma più costose, come l'idrogeno o l'e-metano³, o dove la tecnologia CCS dovrebbe essere diffusa su scala. In questo caso, sarebbe opportuno sostenere gli investimenti in ricerca e sviluppo, con un approccio tecnologico aperto, per consentire al mercato di scegliere la soluzione più conveniente in ciascun caso.

A giugno 2025, la Commissione europea ha revisionato la Disciplina per le misure di aiuto di Stato a sostegno del CID in cui si legge che gli Stati membri devono garantire che gli aiuti alla decarbonizzazione non stimolino indebitamente investimenti in alternative più pulite già disponibili sul mercato o non comportino il lock-in di determinate tecnologie, ostacolando così un più ampio sviluppo di un mercato di soluzioni più pulite e l'utilizzo di queste ultime. Gli Stati membri non possono pertanto limitare indebitamente la portata tecnologica dei regimi. In particolare, per la decarbonizzazione del calore industriale al di sotto di 500°C, gli aiuti non possono escludere le tecnologie più rispettose del clima e dell'ambiente, ossia il calore rinnovabile non ricavato dalla biomassa, l'elettrificazione flessibile e il riutilizzo del calore di scarto.

Nel CID sono comprese anche le aste per il calore industriale del Fondo per l'Innovazione, le cui risorse derivano principalmente dai proventi delle aste delle quote di emissione dell'ETS. Tali aste sono dedicate alla decarbonizzazione del calore industriale di processo a media e alta temperatura, con un budget di circa un miliardo di euro, che si aprono a dicembre 2025 e si chiudono a febbraio 2026⁴. Sono procedure competitive con offerte al ribasso sul prezzo della tCO₂ evitata. Il premio viene riconosciuto per ogni tCO₂ evitata dopo l'entrata in esercizio dell'impianto.

³ Metano sintetico prodotto combinando idrogeno verde con biossido di carbonio.

⁴ Sito dedicato alle aste attivate nell'ambito del CID, fra cui la IF25 Heat Auction call, la IF25 Hydrogen Auction call e la IF25 Net Zero Technology Auction call: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_2858

I PRINCIPALI MECCANISMI DI SUPPORTO ESISTENTI IN ITALIA

Sono di seguito sintetizzati i principali schemi nazionali di supporto degli interventi di interesse per questo studio. Si evidenzia come siano talvolta disponibili anche misure di supporto a carattere regionale che includono azioni mirate alla decarbonizzazione e alla elettrificazione dei processi industriali.

CERTIFICATI BIANCHI

L'installazione e/o la sostituzione di gruppi frigo, pompe di calore, centrali frigorifere (ivi compresi gli impianti di surgelazione e refrigerazione) e i recuperi termici sono tutti interventi ammessi al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica (Certificati Bianchi). Nel settore industriale, si può sfruttare questo schema incentivante per agevolare gli interventi di produzione di energia termica e/o frigorifera attraverso le pompe di calore elettriche, i sistemi di ricompressione meccanica del vapore e quelli ad assorbimento, recuperando il calore di scarto. In particolare, oltre agli interventi di efficientamento della produzione di energia termica, il D.M. 21 luglio 2025 consente l'accesso al meccanismo a interventi sui generatori di aria calda, sugli economizzatori sulla linea impianti di produzione di energia termica, addolcitori e impianti a osmosi inversa, degasatori pressurizzati e altri sistemi di recupero di calore.

TRANSIZIONE 5.0

Gli interventi di elettrificazione sono ammissibili anche al godimento del credito d'imposta previsto dal piano Transizione 5.0, istituito dal DL 2 marzo 2024, n. 19 e reso operativo dal decreto attuativo del Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT) del 29 luglio 2024. Nello specifico, possono contribuire alla maturazione del credito (come intervento trainato) gli impianti per la produzione di energia termica utilizzata esclusivamente come calore di processo e non cedibile a terzi, con elettrificazione dei consumi termici, alimentata tramite energia elettrica rinnovabile autoprodotta e autoconsumata ovvero certificata come rinnovabile attraverso un contratto di fornitura di energia rinnovabile ai sensi della Delibera ARERA ARG/elt 104/11. Tra gli impianti per la produzione di energia termica utilizzata esclusivamente come calore di processo, con elettrificazione dei consumi termici, rientrano anche gli impianti solari termici: anche se tecnicamente non si tratta di "elettrificazione" in senso stretto (poiché l'energia termica proviene direttamente dal sole e non dall'elettricità), rientra comunque negli approcci che utilizzano fonti rinnovabili per sostituire combustibili fossili nella produzione di calore.

FONDO PER LA TRANSIZIONE INDUSTRIALE

I progetti di elettrificazione nelle industrie possono essere supportati anche attraverso il Fondo per la transizione industriale di Invitalia in quanto tale fondo finanzia progetti che hanno l'obiettivo di conseguire un livello di maggiore efficienza energetica nell'esecuzione dell'attività d'impresa o un cambiamento fondamentale del processo produttivo oggetto di intervento finalizzato a conseguire un risparmio energetico nell'esecuzione dell'attività d'impresa. È prevista anche l'ammissibilità di spese accessorie, nel limite del 40%, connesse all'installazione di impianti di autoproduzione di energia da fonti rinnovabili, idrogeno e impianti di cogenerazione ad alto rendimento. Con questo fondo, dunque, è possibile finanziare l'intervento di produzione del calore di processo tramite pompe di calore elettriche e al tempo stesso anche la realizzazione di un impianto fotovoltaico per alimentare il nuovo impianto.

INCENTIVO NET ZERO

Invitalia gestisce anche, attraverso il contratto di sviluppo, l'incentivo Net Zero, che sostiene la transizione ecologica del sistema produttivo nazionale e le tecnologie a zero emissioni nette.

Tale incentivo si rivolge, in tutta Italia, alle imprese che investono nella produzione di batterie, pannelli solari, turbine eoliche, pompe di calore, elettrolizzatori e dispositivi di cattura e stoccaggio del carbonio.

Sono finanziabili i progetti di sviluppo industriale, di tutela ambientale e, eventualmente, progetti di ricerca, sviluppo e innovazione, con costi ammissibili di almeno 20 milioni di euro.

È possibile chiedere gli incentivi per:

- nuova unità produttiva;
- ampliamento della capacità produttiva;
- riconversione attività (diversificazione ATECO);

ristrutturazione unità produttiva: cambiamento fondamentale o notevole miglioramento.

TAX CREDIT TELERISCALDAMENTO

L'art. 8, comma 10, lettera f) della Legge 23 dicembre 1998 n. 448, prevede per gli utenti che si collegano a reti di teleriscaldamento alimentate con biomassa nei comuni ricadenti in particolari zone climatiche del territorio nazionale (zone climatiche E ed F di cui al D.P.R. n. 412/1993), la concessione di un'agevolazione fiscale nella forma del riconoscimento di un credito di imposta calcolato per chilowattora termico, che il gestore di calore trasla sul prezzo di cessione del calore agli utenti finali.

L'art. 2 n. 1 lett. (g) del D.lgs. n. 28/2011 definisce come teleriscaldamento la distribuzione di energia termica in forma di vapore, acqua calda o liquidi refrigerati, da una o più fonti di produzione verso una pluralità di edifici e siti tramite una rete, per il riscaldamento o il raffreddamento di spazi, per processi di lavorazione e per la fornitura di acqua calda sanitaria.

Il legislatore è ulteriormente intervenuto in materia, specificando la definizione di rete di teleriscaldamento con l'art. 2, lett. gg) D.lgs. 4 luglio 2014 n. 102, secondo cui la rete di teleriscaldamento è qualsiasi infrastruttura di trasporto dell'energia termica da una o più fonti di produzione verso una pluralità di edifici o siti di utilizzazione, realizzata prevalentemente su suolo pubblico, finalizzata a consentire a chiunque interessato, nei limiti consentiti dall'estensione della rete, di collegarsi alla medesima per l'approvvigionamento di energia termica per il riscaldamento o il raffreddamento di spazi, per processi di lavorazione e per la copertura del fabbisogno di acqua calda sanitaria.

L'Agenzia delle Entrate, con la risposta a interpello n. 72 del 4 febbraio 2022, ha chiarito che il soggetto che riveste contemporaneamente il ruolo di gestore della rete di teleriscaldamento alimentata con biomassa o ad energia geotermica e quello di utente finale può fruire del credito d'imposta per il teleriscaldamento con biomassa ed energia geotermica.

I RISULTATI DELL'INDAGINE

L'indagine ha totalizzato le risposte riassunte nella tabella di seguito. Vengono conteggiate dal sistema come "risposte complete" solo quelle in cui il partecipante ha fornito una risposta a tutti i quesiti che compongono il questionario.

Numero di risposte	
<i>Risposte complete</i>	92
<i>Risposte incomplete</i>	39
<i>Risposte totali</i>	131

Tabella 5 - Numero di risposte totalizzate dall'indagine

La maggior parte dei partecipanti, pari al 35% del totale, è composta da professionisti del settore, tra cui energy manager, EGE e liberi professionisti. Seguono i rappresentanti delle ESCO, che costituiscono il 30% del campione. Una quota significativa è rappresentata anche dai produttori di tecnologie (14%) e dai loro fornitori (8%). Il 12% ha selezionato l'opzione "Altro", mentre, in accordo con l'obiettivo di questa indagine, solo una minima parte è composta da utenti finali (Figura 9).

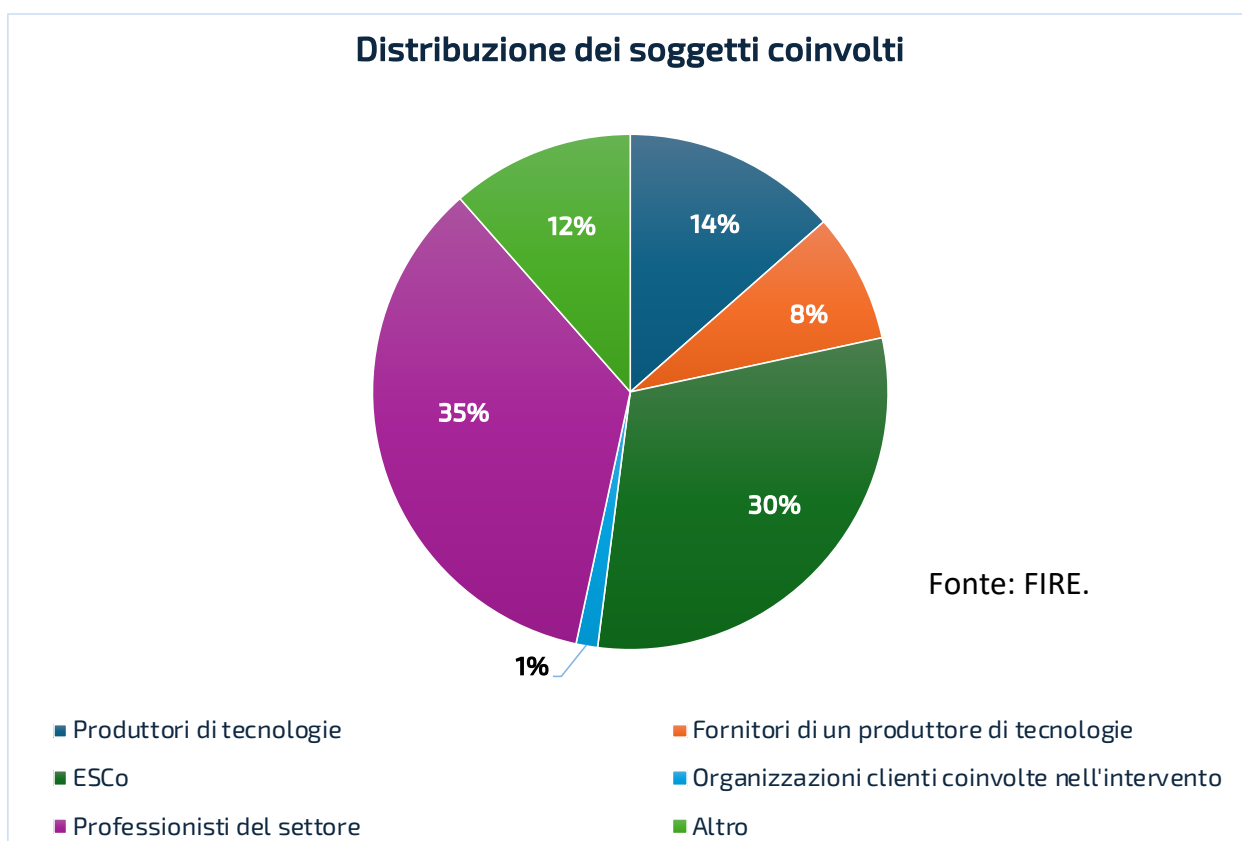


Figura 9 - Distribuzione per tipologia di soggetti partecipanti all'indagine

PRODUTTORI DI TECNOLOGIE

Tra i produttori di tecnologie è possibile individuare ulteriori cluster sulla base della tipologia di soluzioni offerte. Come mostrato in Figura 10, la maggior parte di questi operatori è attiva nel settore delle pompe di calore, che rappresentano il 43% del totale. Seguono i fornitori di tecnologie per il recupero del calore di processo (20%), di sistemi per il controllo automatizzato degli impianti (10%), di generatori di calore o vapore elettrici (7%) e di soluzioni di free-cooling (7%). Il restante 13% si occupa di altre tecnologie, tra cui turbine ORC e batterie termiche. Nessun partecipante ha indicato di produrre forni, fornaci o essiccatori elettrici, mezzi a motore elettrico, sistemi a membrana o tecnologie a infrarossi, microonde o induzione.

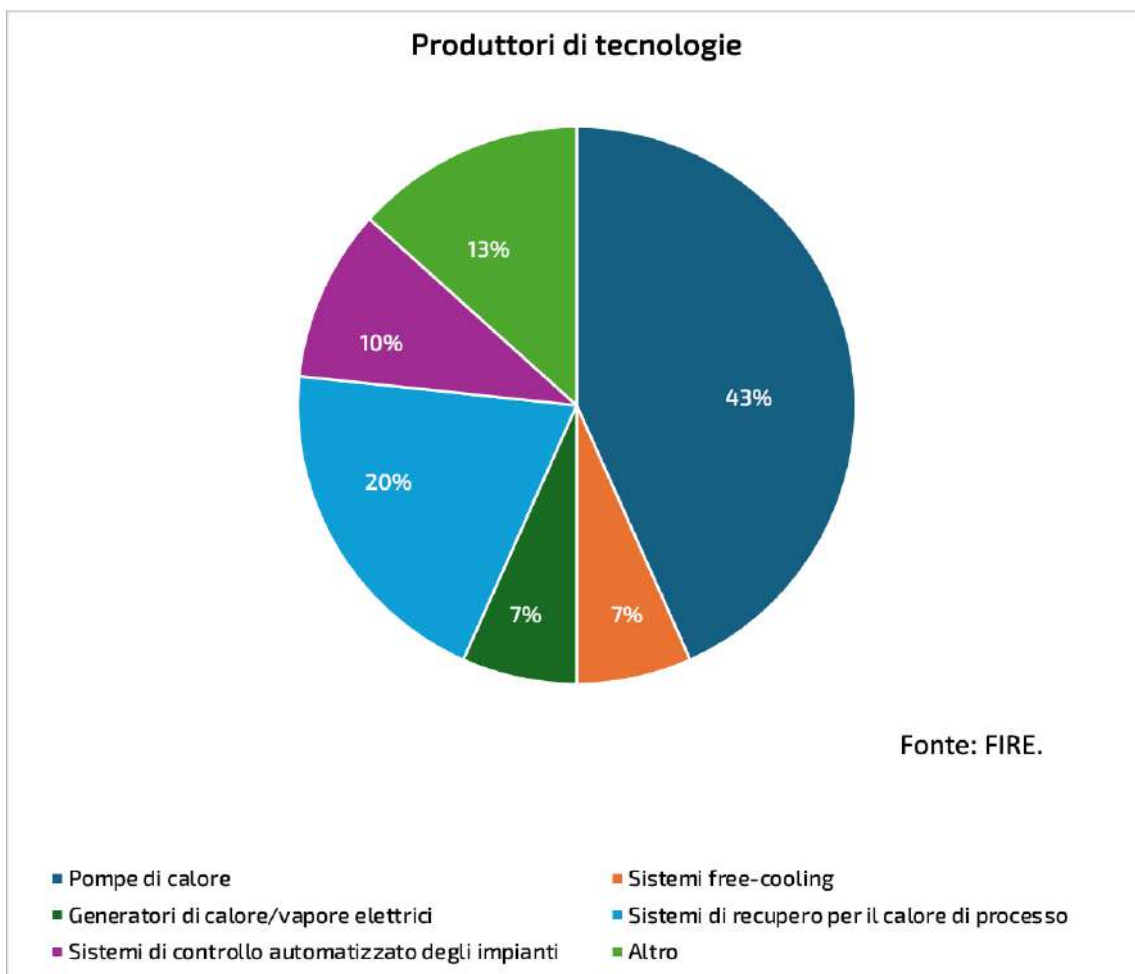


Figura 10 - Distribuzione dei produttori di tecnologie per tipologia

Ai produttori di tecnologie è stato chiesto, per quanto riguarda le tecnologie da essi gestite, di indicare quali sono le fasi più critiche per una crescita e diffusione adeguata a raggiungere gli obiettivi al 2030, scegliendo tra:

- Approvvigionamento componenti UE;
- Produzione;
- Distribuzione;
- Progettazione;

- Integrazione;
- Installazione;
- Gestione;
- Smaltimento;
- Altro.

Per le pompe di calore e i sistemi free-cooling, le fasi considerate maggiormente critiche sono gli approvvigionamenti di componenti extra UE e l'integrazione nei processi esistenti, mentre per i generatori di calore/vapore elettrici l'aspetto più preoccupante è considerato la loro gestione. Altri fattori di criticità segnalati riguardano la sensibilità dei decisori finali, la mancanza di una cultura di impresa manageriale e di adeguati strumenti di incentivazione fiscale così come la mancanza di un approccio integrato alla diagnosi e di controllo in continuo degli impianti. I risultati sono riportati in Figura 11.

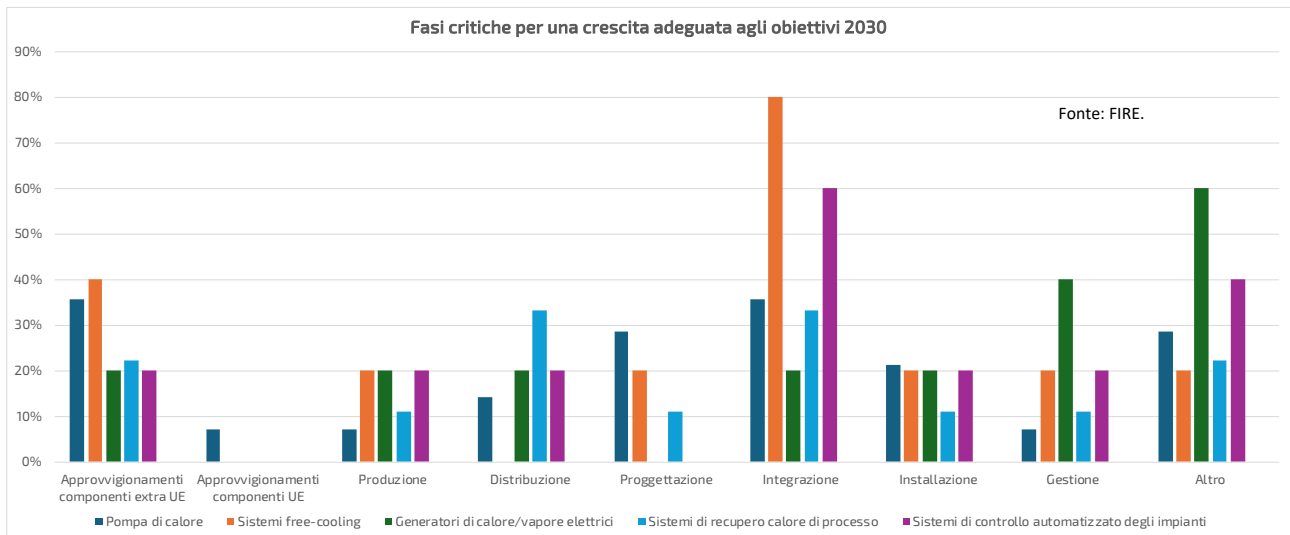


Figura 11 - Fasi critiche per una crescita adeguata agli obiettivi 2030

Il business riferito all'elettrificazione industriale e al recupero del calore di scarto dei processi negli ultimi cinque anni è segnalato essere stato in crescita da tutti i rispondenti, così come in crescita sono valutate le previsioni di business per i prossimi cinque anni.

Analizzando le principali barriere rilevate dai produttori di tecnologie nell'elettrificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi (Figura 12), la difficoltà di reperimento delle tecnologie sul mercato non è considerata una barriera significativa, segno che si tratta di dispositivi che hanno raggiunto la piena maturità. In tal senso, pesano molto di più la diffidenza da parte degli utilizzatori, la poca attitudine dei clienti verso il risparmio energetico e l'installazione di strumenti di misura oltre ai tempi di ritorno elevati. Altre criticità segnalate riguardano il sistema di incentivi troppo variegato e complesso e la difficoltà di accesso ai finanziamenti, nonché la carenza di personale specializzato.

NB: punteggio 1 ■ = la barriera ha un impatto molto lieve sul processo; punteggio 5 ■ = la barriera ha un impatto molto importante sul processo.

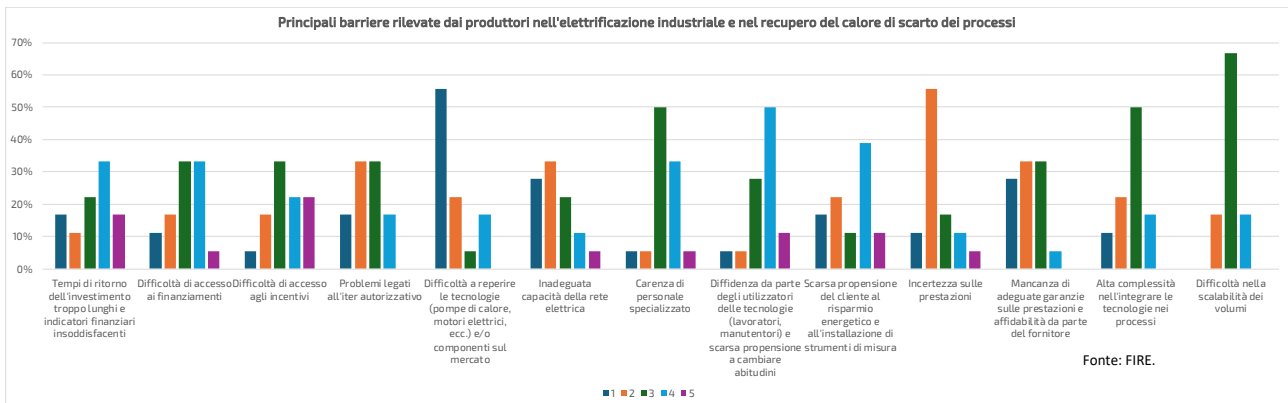


Figura 12 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei produttori di tecnologie

Per una lettura più chiara dei risultati relativi alle principali barriere, in Figura 13 il grafico cumulato dei punteggi 4 e 5 assegnati dai produttori di tecnologie a ciascuna barriera ritenuta rispettivamente ad impatto importante e molto importante sulla crescita della filiera delle tecnologie per l'elettificazione e il recupero di calore dei processi industriali.

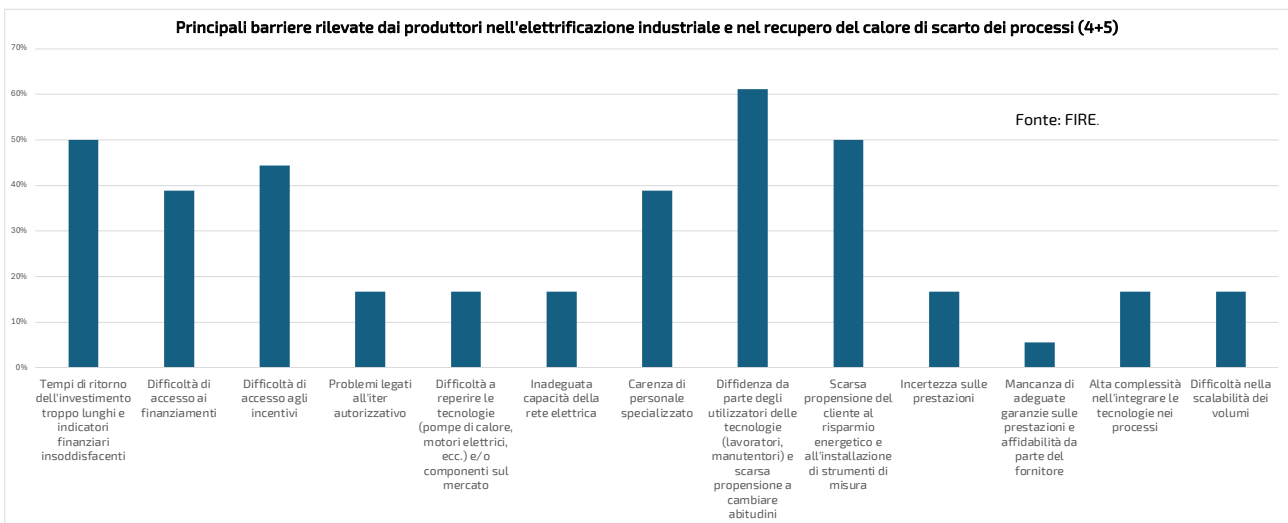


Figura 13 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei produttori di tecnologie (4+5)

Per superare le barriere rilevate, agire sui meccanismi di supporto al cliente finale e sul costo del carbonio e la formazione del personale sono considerate le leve più efficaci ad oggi disponibili (Figura 14), mentre, per il futuro, le leve più significative secondo i produttori di tecnologie sono costituite dalla formazione del personale, dagli investimenti in ricerca e sviluppo e dal trasferimento tecnologico (Figura 15). I meccanismi di supporto al cliente vengono comunque considerati leve importanti per il superamento delle barriere.

NB: punteggio 1 ■ = efficacia molto bassa; punteggio 5 ■ = efficacia molto elevata.

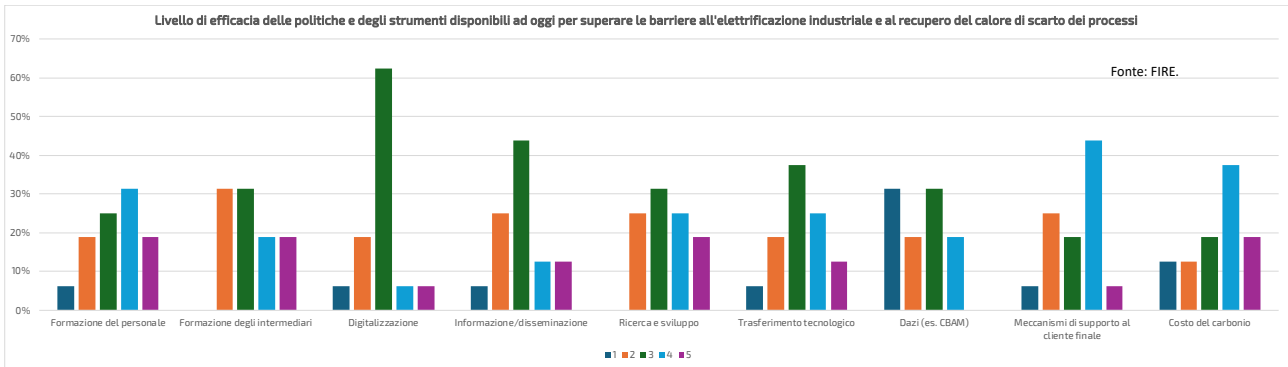


Figura 14 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i produttori di tecnologie

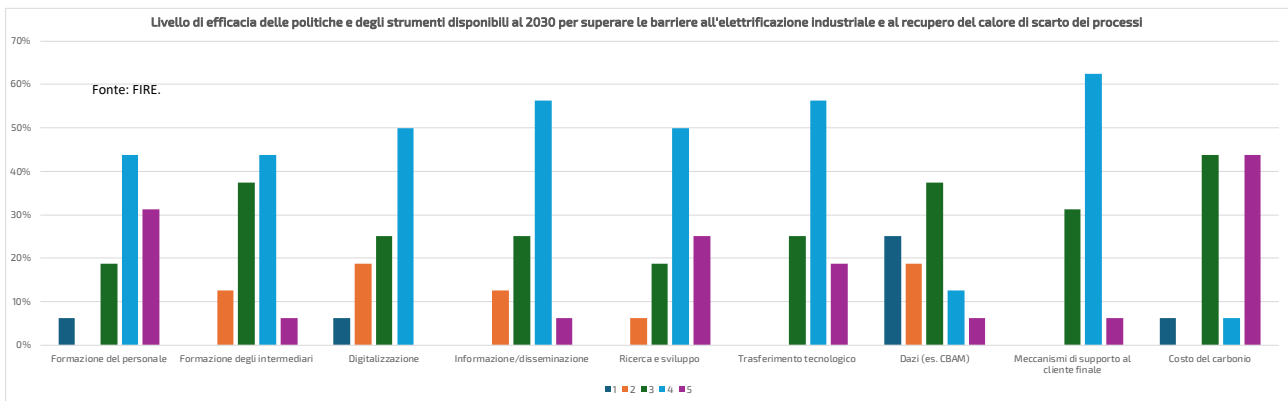


Figura 15 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i produttori di tecnologie

In Figura 16 la cumulata delle politiche e degli strumenti ritenuti ad efficacia elevata (punteggio 4) e molto elevata (punteggio 5) rispetto al superamento delle barriere discusse precedentemente.

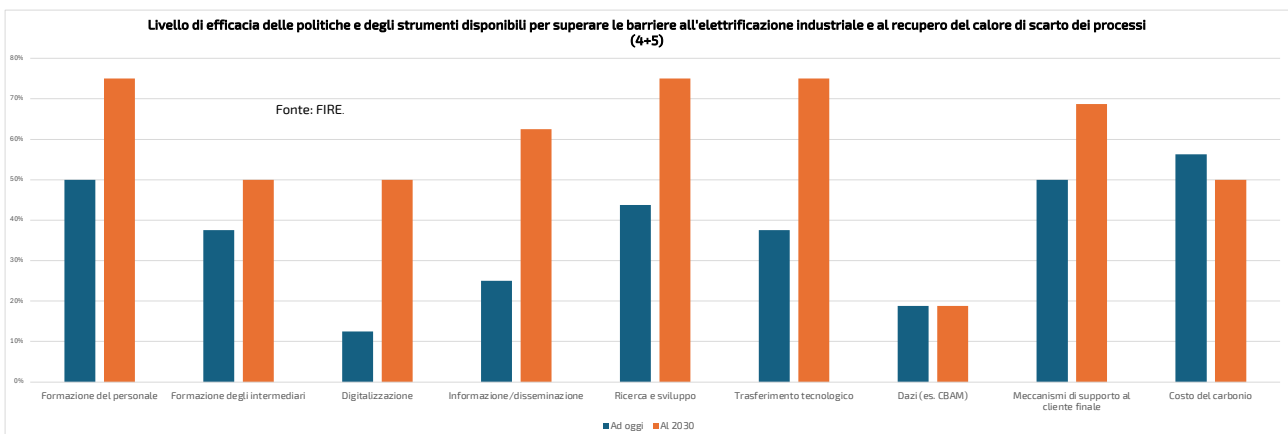


Figura 16 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i produttori di tecnologie (4+5)

I benefici non energetici attribuibili alle soluzioni tecnologiche proposte riguardano principalmente la riduzione dell'inquinamento locale e l'abbattimento delle emissioni carboniche di sito, seguiti dai benefici relativi al comfort e alla sicurezza dei lavoratori (Figura 17).

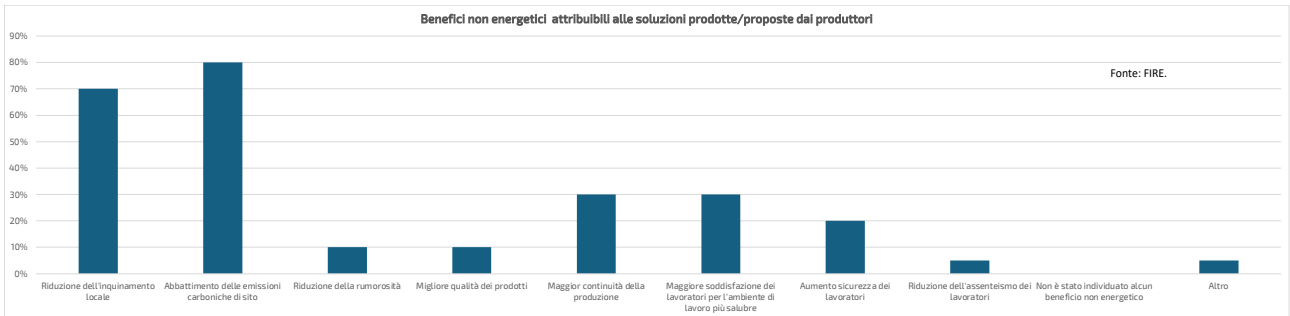


Figura 17 - Benefici non energetici ottenibili secondi i produttori di tecnologie

Rispetto alla promozione presso i clienti finali, al fine di spingere gli investimenti in tecnologie di elettrificazione e recupero del calore di processo, le leve maggiormente significative sono ritenute essere i timori verso le evoluzioni normative che mirano a dare una stretta sempre maggiore alla filiera delle tecnologie a combustibili fossili, la spinta ad affacciarsi al mercato come "green" e "sostenibili" e l'incremento della convenienza delle elettro-tecnologie rispetto alle più tradizionali tecnologie a combustibili fossili (Figura 18).

NB: punteggio 1 ■ = in misura molto lieve; punteggio 5 ■ = in misura molto marcata.

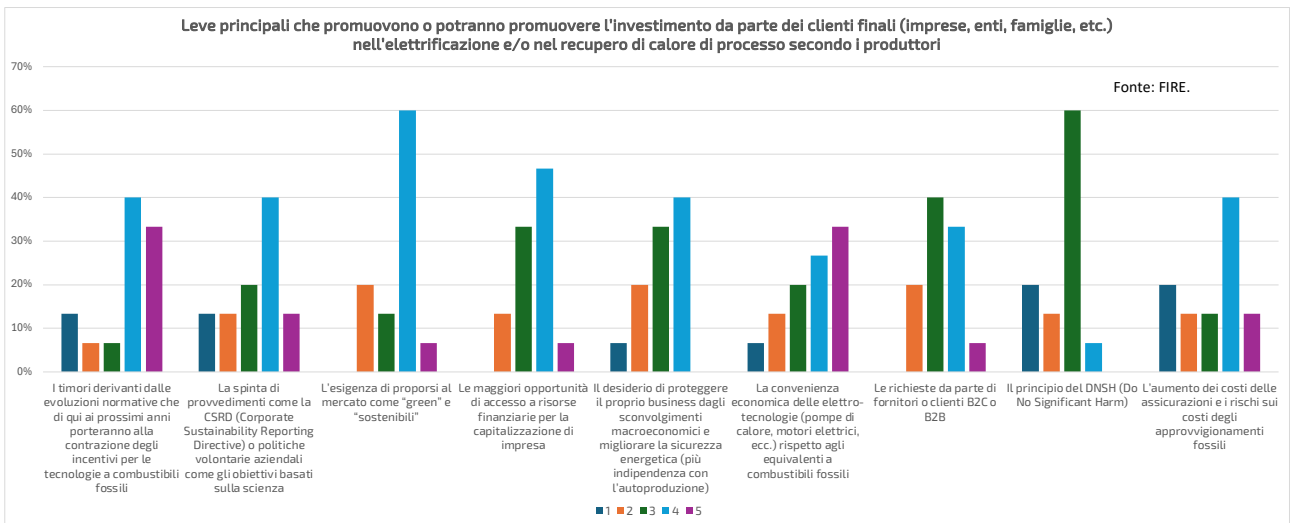


Figura 18 - Leve di promozione secondo i produttori di tecnologie

Le preferenze appena discusse sono riscontrabili anche osservando la cumulata dei punteggi 4 e 5 delle leve ritenute maggiormente incisive sugli investimenti dei clienti finali verso questa filiera secondo i produttori di tecnologie (Figura 19).

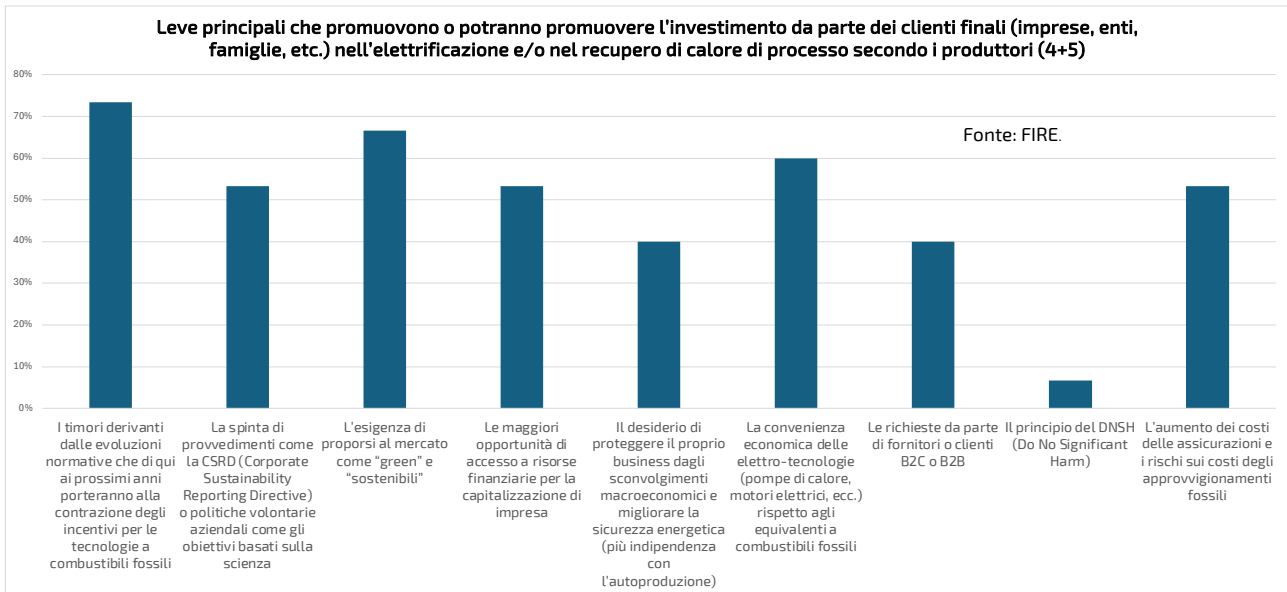


Figura 19 - Leve di promozione secondo i produttori di tecnologie (4+5)

FORNITORI DEI PRODUTTORI DI TECNOLOGIE

Tra i fornitori di tecnologie, le principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi riguardano la difficoltà di accesso ad incentivi e finanziamenti che vanno ad unirsi al tema dei tempi di ritorno sugli investimenti ritenuti troppo elevati (Figura 20).

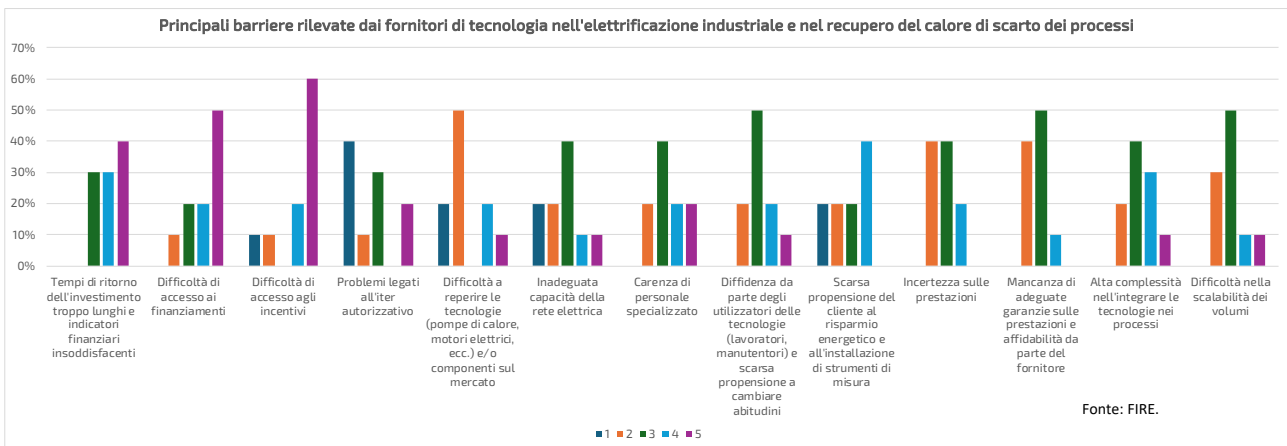


Figura 20 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei fornitori di produttori di tecnologie

Nel grafico di Figura 21 che rappresenta la cumulata delle barriere ritenute più impattanti, risulta ancora più evidente come i fornitori dei produttori di tecnologie considerino in maniera piuttosto netta questi tre elementi come maggiori ostacoli alla crescita della filiera. Pertanto, in questo caso le barriere risultano essere principalmente di tipo economico-finanziario anziché tecnologico o culturale.

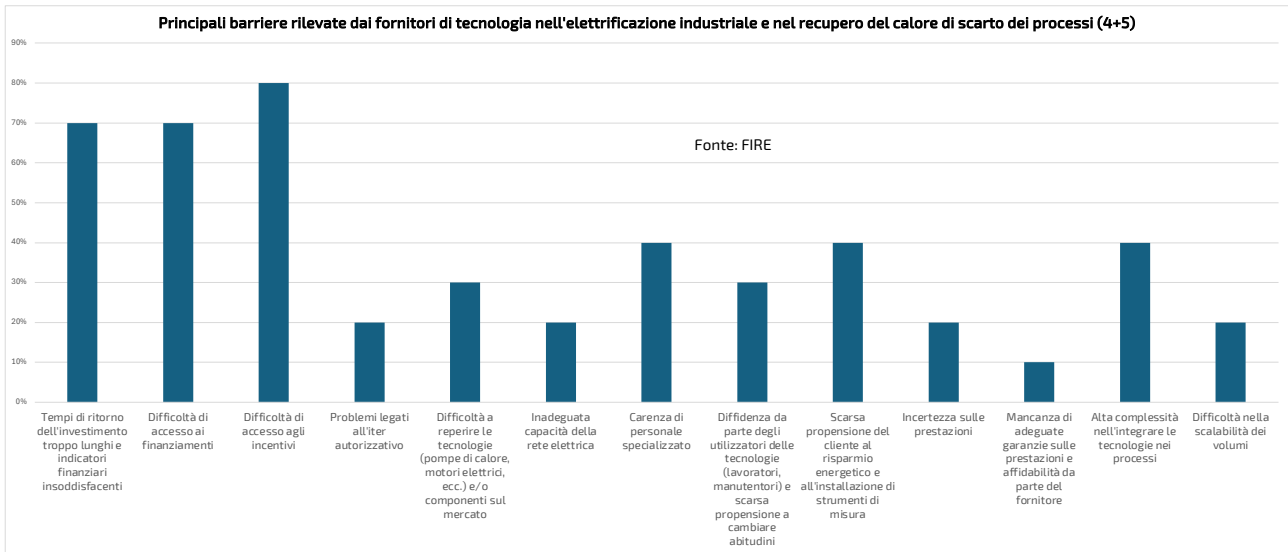


Figura 21 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei fornitori di produttori di tecnologie (4+5)

I fornitori rilevano come aspetti ad oggi maggiormente impattanti per il superamento delle barriere allo sviluppo del mercato dell'elettificazione e del recupero di calore di processo la ricerca e lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche, ma anche i meccanismi di supporto al cliente finale (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Al 2030 continuano ad essere indicati come elementi fondamentali i meccanismi di supporto ai clienti finali e la ricerca e sviluppo, cui si aggiungono la formazione degli intermediari e il trasferimento tecnologico (Figura 23).

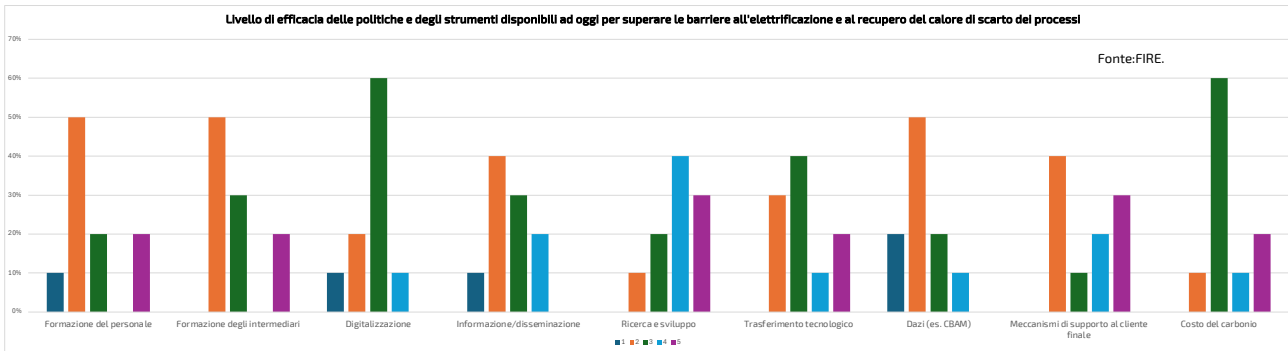


Figura 22 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i fornitori di produttori di tecnologie

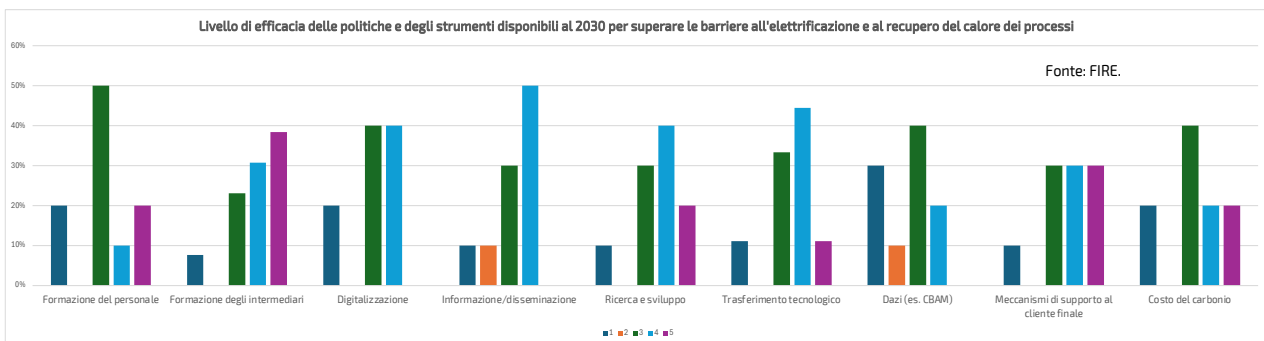


Figura 23 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i fornitori di produttori di tecnologie

Dalla rappresentazione cumulata delle risposte 4 e 5 e combinata delle situazioni a oggi e al 2030 (Figura 24) risulta più chiaro quanto discusso nel paragrafo precedente. Per il superamento delle barriere al 2030 vengono identificati in maniera meno netta gli elementi sui quali viene ritenuto utile puntare rispetto ad oggi. A parte ricerca e sviluppo c'è una crescita in tutti gli elementi, con differenze più accentuate per formazione degli intermediari, informazione/dissemiazione, digitalizzazione e trasferimento tecnologico.

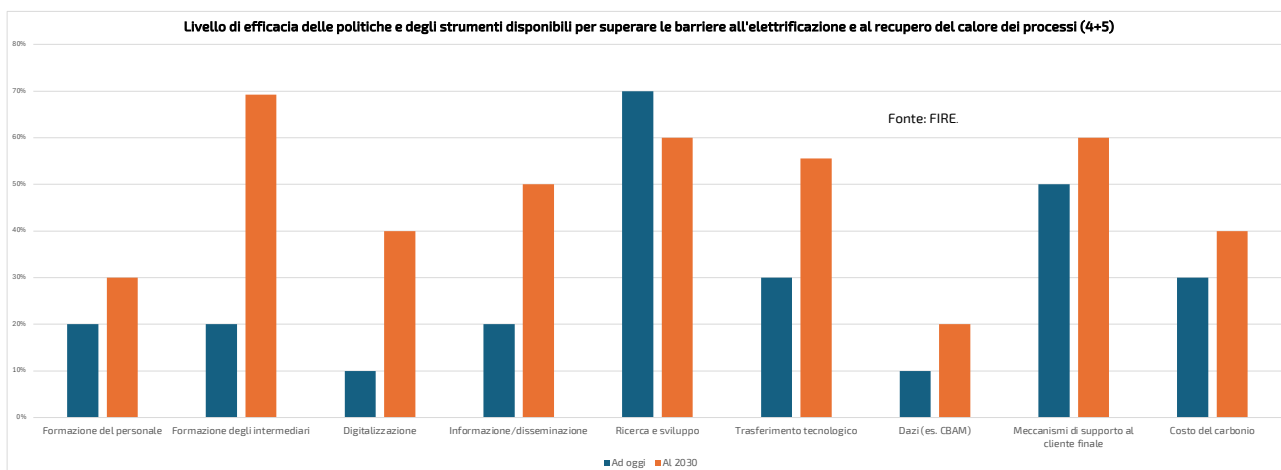


Figura 24 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i fornitori di produttori di tecnologie (4+5)

Anche per i fornitori di tecnologie i benefici non energetici più significativi sono quelli legati all'aspetto delle emissioni verso l'ambiente (Figura 25).

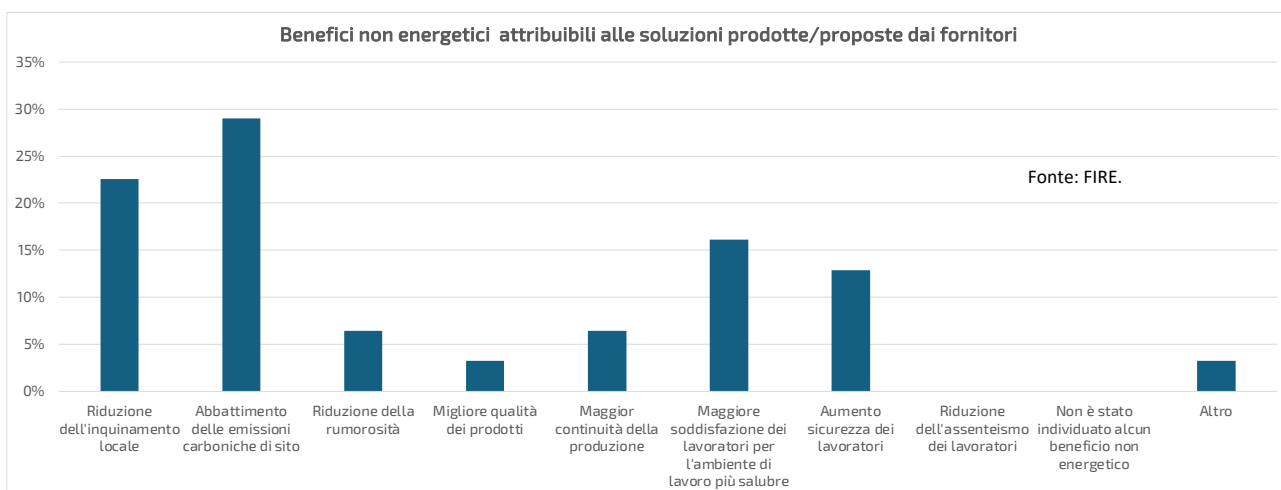


Figura 25 - Benefici non energetici ottenibili secondo i fornitori di produttori di tecnologie

Nell'opinione dei fornitori, le leve su cui agire per accompagnare gli investimenti in elettrificazione e recupero di calore di processo dovrebbero essere quelle che scoraggiano l'uso di fonti fossili, attraverso un aumento dei costi e dei rischi associati ed i timori verso le evoluzioni normative che ne limiteranno in misura sempre maggiore l'impiego. Allo stesso modo vengono ritenute leve d'azione valide l'esigenza di porsi sul mercato come realtà "green" e "sostenibile" e la spinta di provvedimenti come la CSRD o politiche volontarie aziendali (Figura 26).

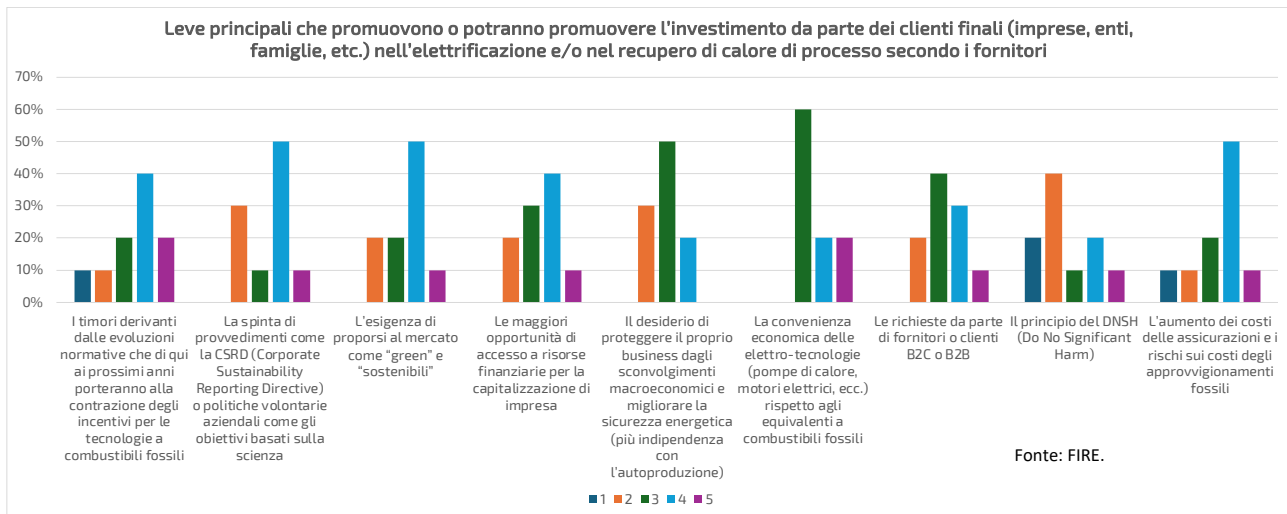


Figura 26 - Leve di promozione secondo i fornitori di produttori di tecnologie

In Figura 27 una rappresentazione più sintetica dei risultati discussi nel paragrafo precedente.

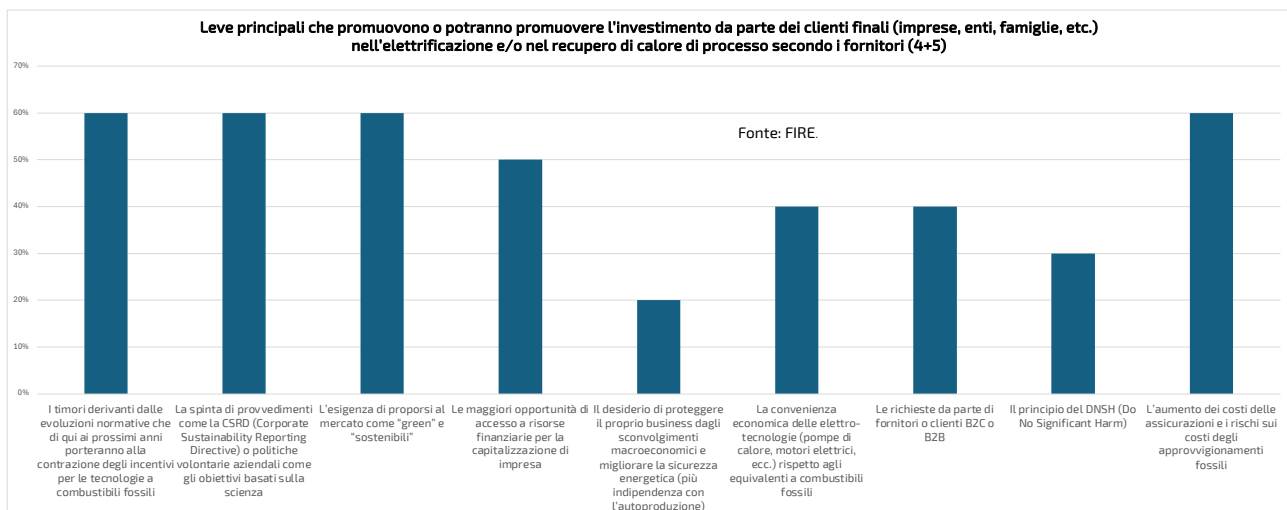


Figura 27 - Leve di promozione secondo i fornitori di produttori di tecnologie (4+5)

ESCO

Dal punto di vista delle ESCO, le principali barriere riguardano gli aspetti economici e tecnologici, ovvero, tempi di ritorno sull'investimento troppo elevati e le complessità nell'integrare le tecnologie nei processi esistenti. Un'ulteriore importante barriera riguarda invece gli aspetti culturali, risulta esserci diffidenza da parte degli utilizzatori verso le nuove tecnologie, ciò genera una forte resistenza al cambiamento (Figura 28).

Tale lettura risulta più chiara facendo riferimento al grafico cumulato sui punteggi 4 e 5 (Figura 29) assegnati dalle ESCO a ciascuna barriera ritenuta particolarmente impattante sullo sviluppo della filiera oggetto d'indagine.

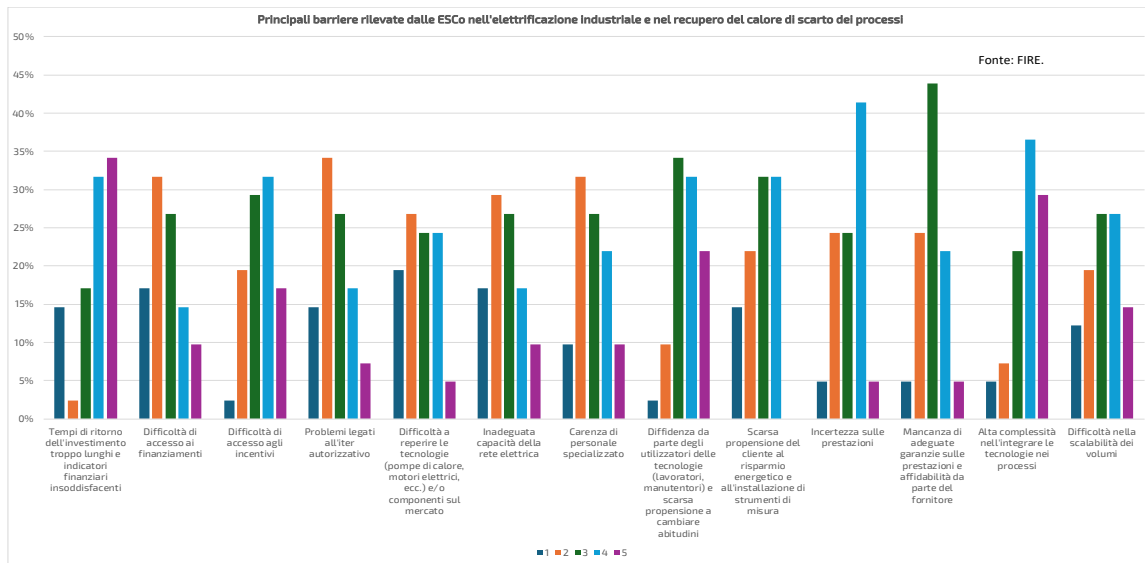


Figura 28 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte delle ESCO

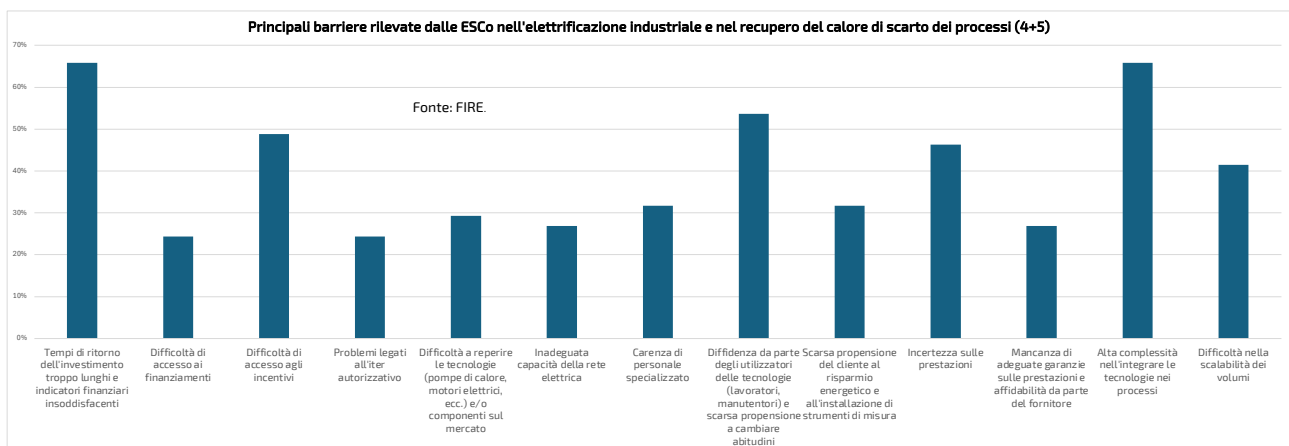


Figura 29 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte delle ESCO (4+5)

Tra politiche e meccanismi di supporto ad oggi disponibili, anche le ESCO ritengono positivamente impattanti ricerca e sviluppo ed i meccanismi di supporto al cliente finale (Figura 30). Al 2030, oltre a ricerca e sviluppo vengono ritenute un driver utile al superamento delle barriere alla decarbonizzazione dei consumi termici industriali anche le politiche legate al costo del carbonio. Seguono, per impatto, i meccanismi di supporto al cliente finale, le attività di informazione e disseminazione e il trasferimento tecnologico (Figura 31).

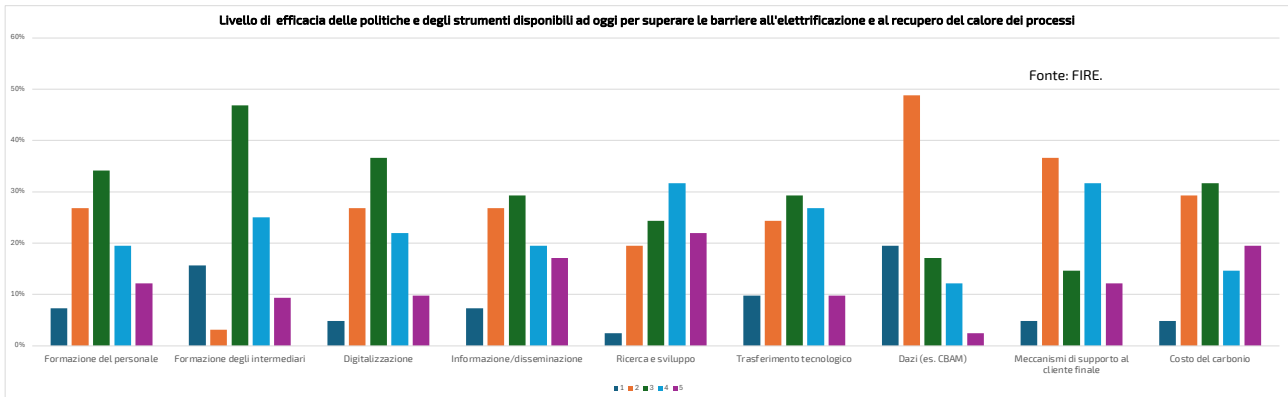


Figura 30 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo le ESCO

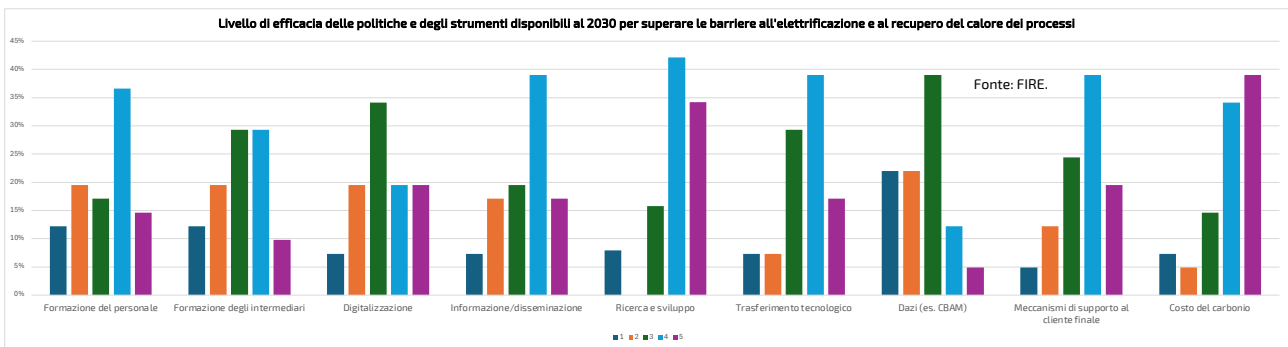


Figura 31 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo le ESCO

La rappresentazione cumulata delle risposte 4 e 5 e combinata delle situazioni a oggi e al 2030 (Figura 32) mostra una crescita per tutti gli elementi, più accentuata per costo del carbonio, seguita da ricerca e sviluppo, formazione del personale, informazione/sensibilizzazione e trasferimento tecnologico.

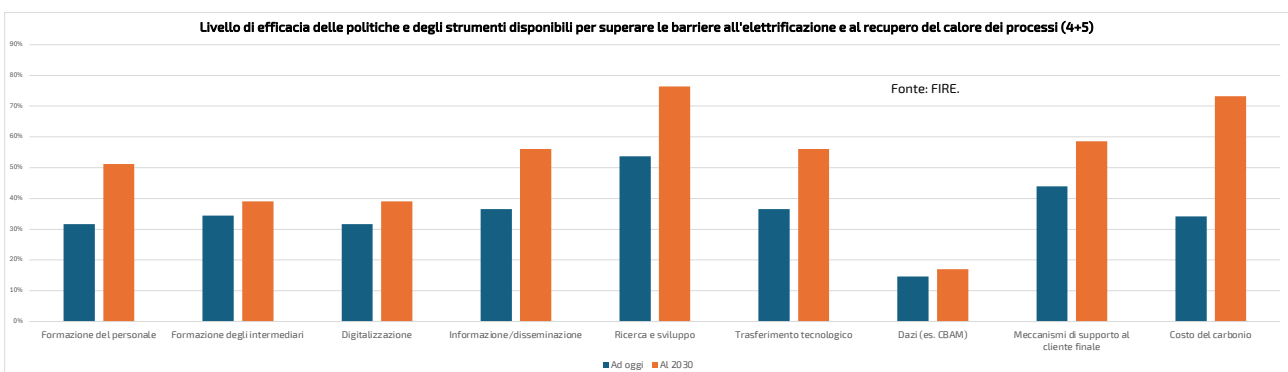


Figura 32 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo le ESCO (4+5)

Per quanto riguarda i benefici non energetici, secondo le ESCO, associabili all'implementazioni di tecnologie ed interventi di elettificazione e recupero del calore di processo, osserviamo risultati del tutto in linea con quelli indicati dagli altri soggetti partecipanti. L'abbattimento delle emissioni carboniche del sito e la riduzione dell'inquinamento locale sono ritenuti i principali benefici non energetici ottenibili (Figura 33).

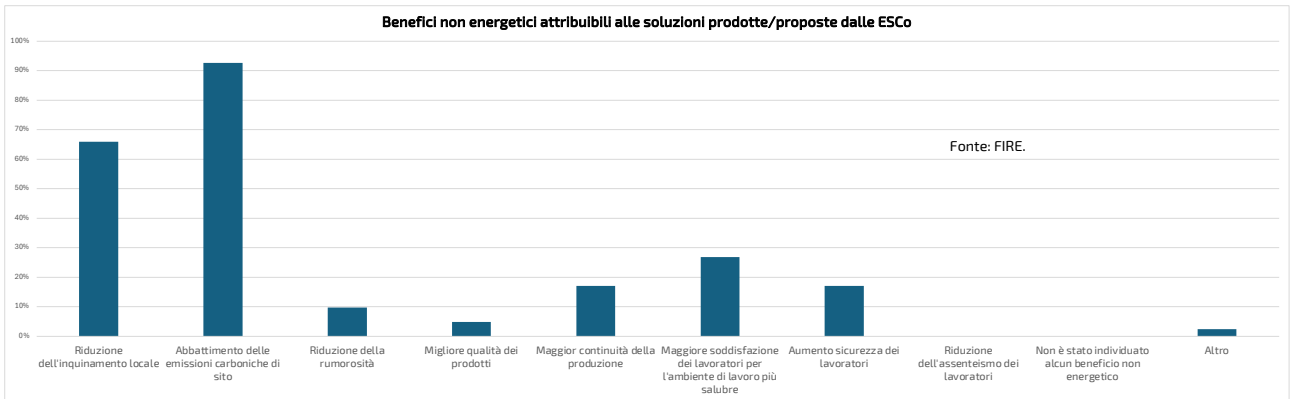


Figura 33 - Benefici non energetici ottenibili secondo le ESCO

Secondo le ESCO le principali leve allo sviluppo della filiera delle tecnologie oggetto d'indagine sono: il miglioramento della convenienza economica delle elettro-tecnologie rispetto alle tradizionali a combustibili fossili e la spinta del mercato a premiare realtà che mostrano impegno verso il tema della sostenibilità. Risultano inoltre non trascurabili le spinte dovute al desiderio di migliorare la sicurezza e la resilienza del proprio business e l'aumento dei costi delle assicurazioni e dei rischi legati agli approvvigionamenti fossili (Figura 34).

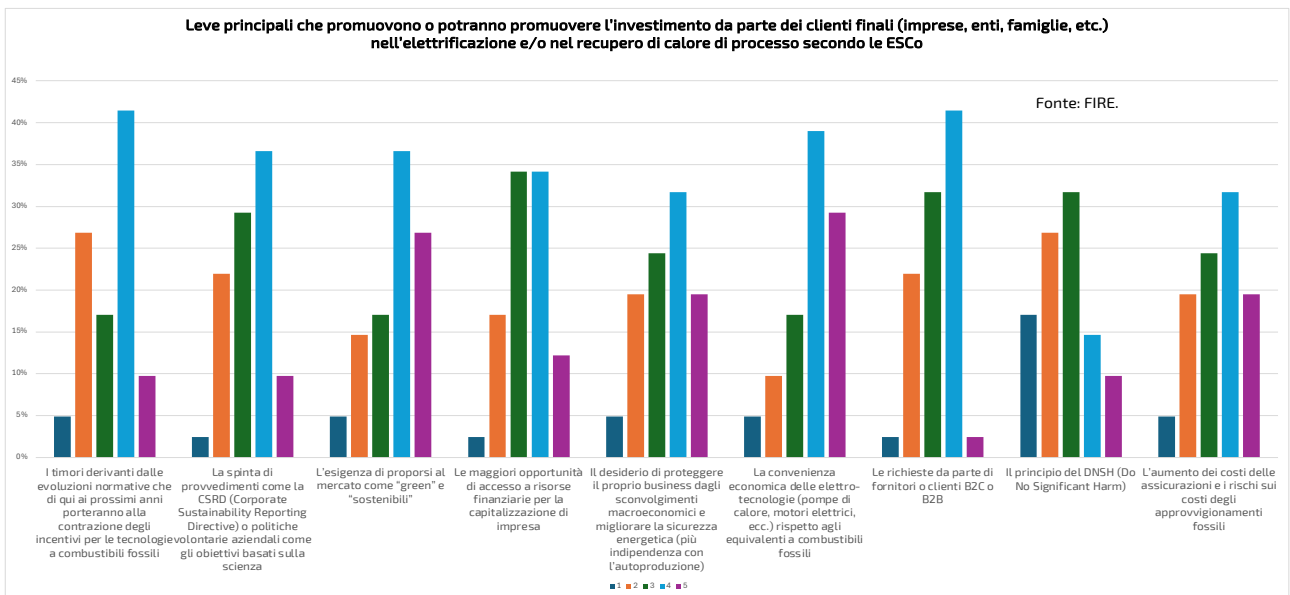


Figura 34 - Leve di promozione secondo le ESCO

I risultati discussi al paragrafo precedente vengono sostanzialmente confermati attraverso la rappresentazione cumulata delle leve ritenute dalle ESCO maggiormente utili ad incentivare gli investimenti da parte degli utenti finali verso tecnologie ed interventi di elettrificazione e recupero di calore di processo (Figura 35).

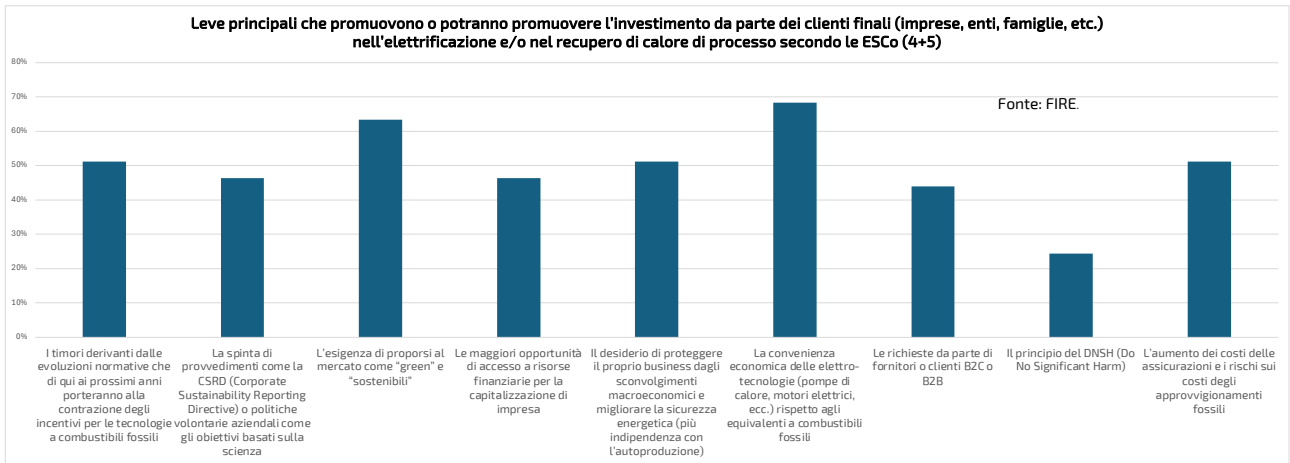


Figura 35 - Leve di promozione secondo le ESCo (4+5)

PROFESSIONISTI DEL SETTORE ENERGETICO

I professionisti del settore energetico individuano come barriere significative la scarsa propensione dei clienti al risparmio energetico e all'installazione di strumenti di misura e le complessità nell'integrare nuove tecnologie nei processi esistenti. Risultano inoltre ostacoli rilevanti: gli elevati tempi di ritorno sugli investimenti; le difficoltà di accesso agli incentivi; l'infrastruttura elettrica (Figura 36).

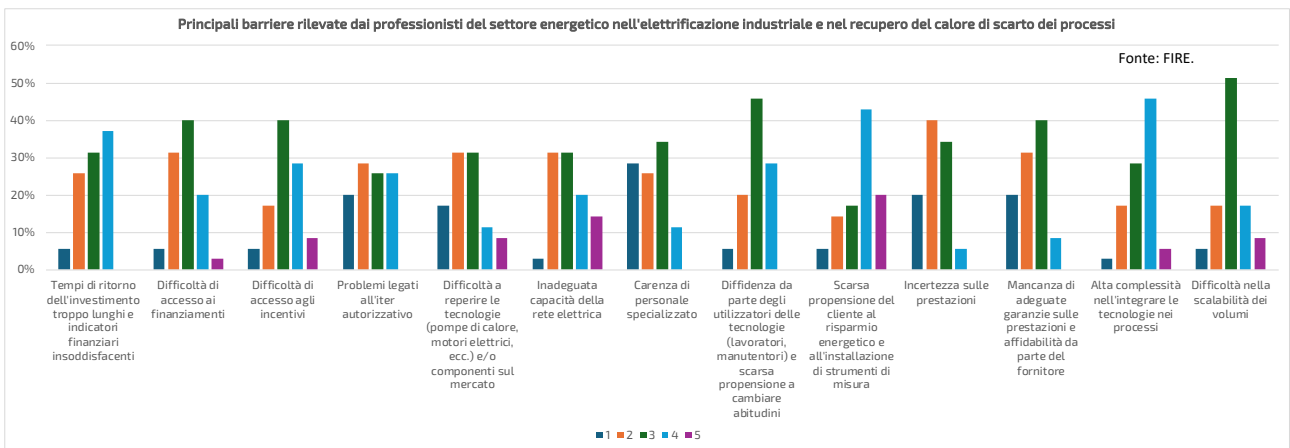


Figura 36 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei professionisti del settore energetico

In Figura 37 è possibile una lettura più chiara dei risultati descritti al paragrafo precedente. Alla luce di questi risultati risulta quindi che i professionisti del settore ritengano ostacoli rilevanti gli aspetti culturali e tecnologici prima ancora che quelli economico-finanziari.

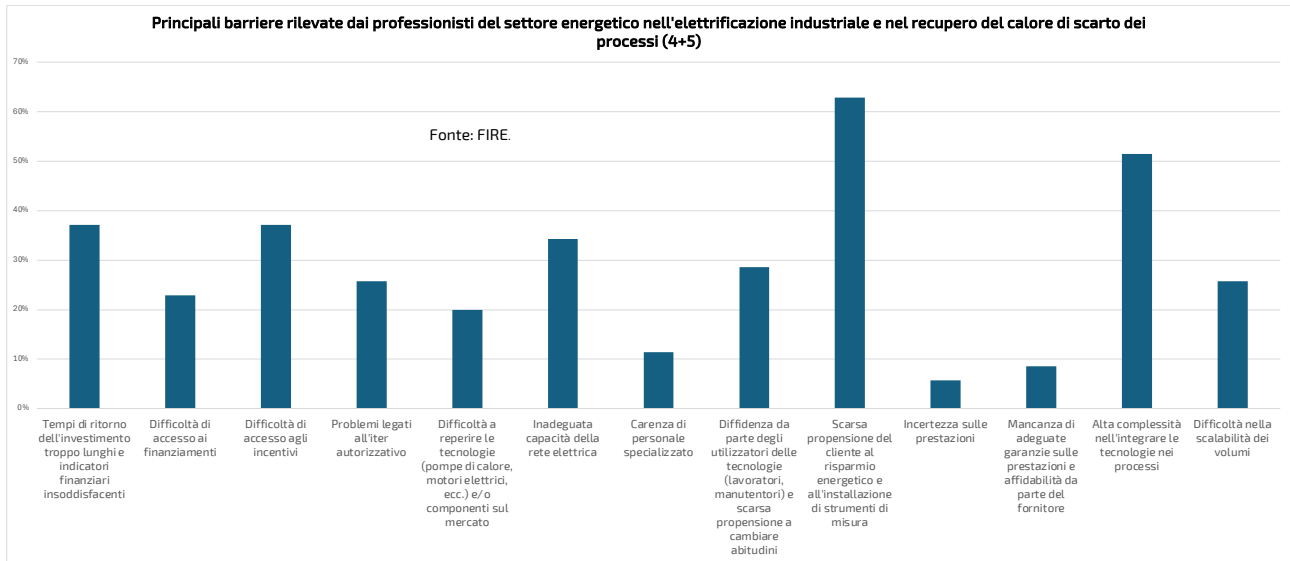


Figura 37 - Principali barriere rilevate nell'elettificazione industriale e nel recupero del calore di scarto dei processi da parte dei professionisti del settore energetico (4+5)

I professionisti del settore dell'energia ad oggi ritengono utile investire in maniera piuttosto diffusa in ciascuna delle politiche e strumenti indicati (Figura 38). La rappresentazione cumulata delle risposte 4 e 5 e combinata delle situazioni a oggi e al 2030 (Figura 40) rende più visibile la mancanza di prese di posizione chiare, fatta eccezione per le politiche sui dazi che, evidentemente, non vengono considerate una via utile al superamento delle attuali barriere alla crescita della filiera. Da oggi al 2030 c'è una crescita soprattutto di digitalizzazione, trasferimento tecnologico e costo del carbonio, seguiti da formazione del personale, dazi e ricerca e sviluppo. Al 2030, i risultati sembrano sostanzialmente confermare la tendenza appena discussa (Figura 39).

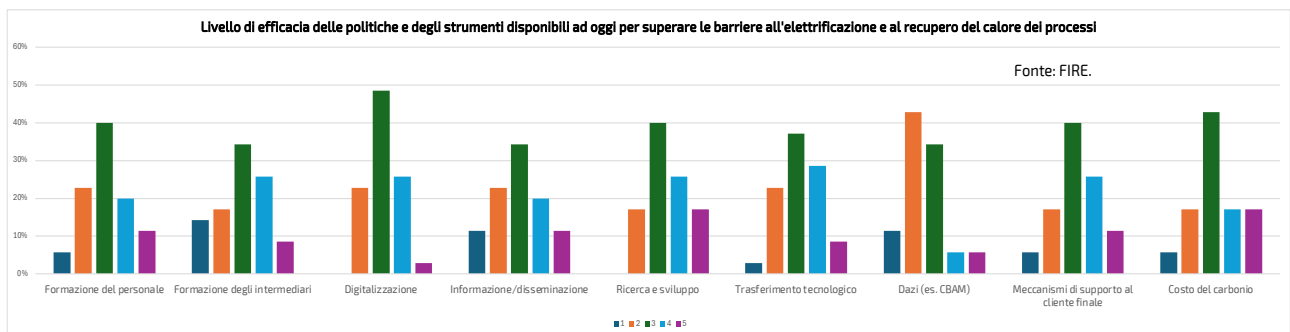


Figura 38 - Efficacia delle politiche e degli strumenti ad oggi secondo i professionisti del settore dell'energia

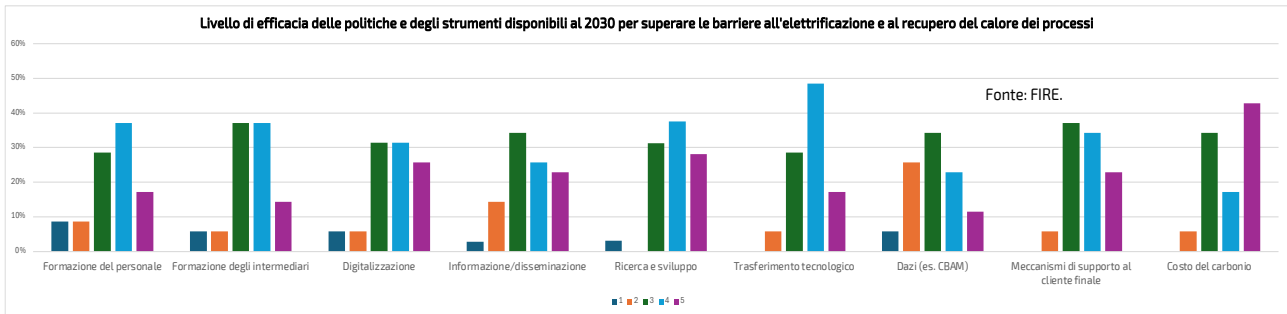


Figura 39 - Efficacia delle politiche e degli strumenti al 2030 secondo i professionisti del settore dell'energia

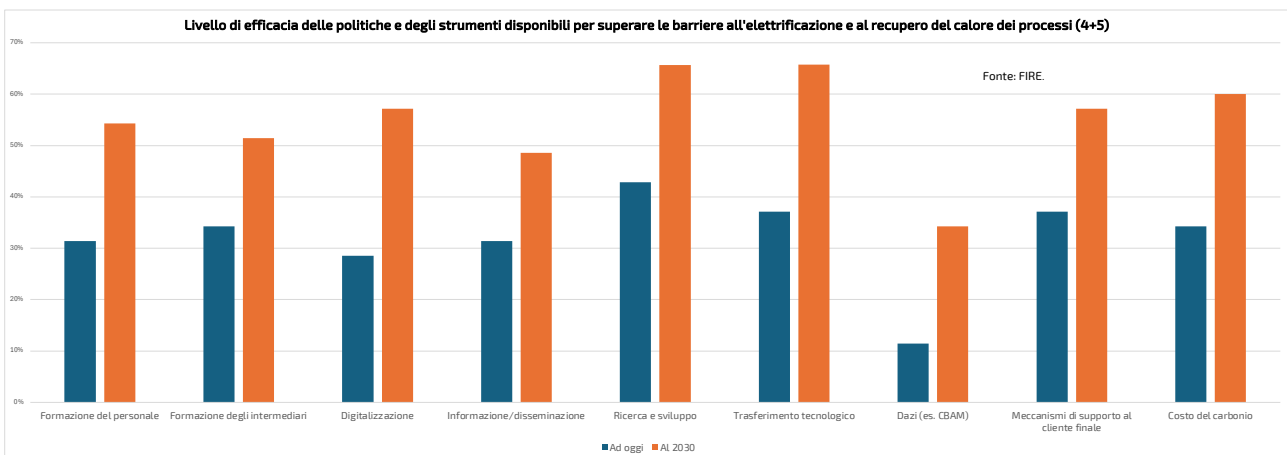


Figura 40 - Efficacia delle politiche e degli strumenti secondo i professionisti del settore dell'energia (4+5)

I maggiori benefici non energetici ottenibili grazie all'impiego di soluzioni di elettificazione e recupero del calore di processo secondo i professionisti del settore dell'energia sono i medesimi individuati dagli altri soggetti coinvolti nell'indagine: abbattimento delle emissioni di sito e riduzione dell'inquinamento locale (Figura 41).

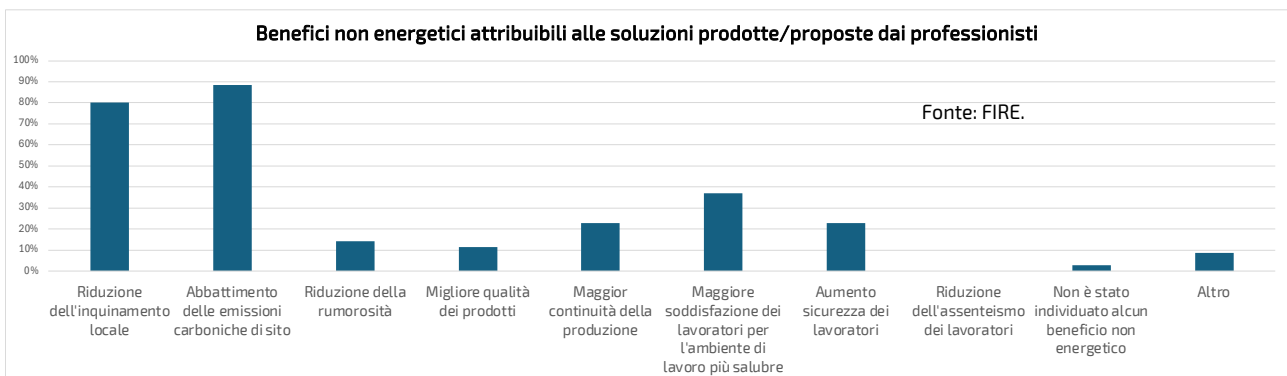


Figura 41 - Benefici non energetici ottenibili secondo i professionisti del settore dell'energia

I professionisti del settore dell'energia ritengono che le principali leve di promozione degli investimenti verso questa filiera sono le maggiori opportunità di accesso a risorse finanziarie e di capitalizzazione dell'impresa, il miglioramento della convenienza economica delle elettro-tecnologie rispetto a quelle a combustibili fossili e i timori derivanti da eventuali evoluzioni normative che generano un progressivo calo degli investimenti verso la filiera delle tecnologie a combustibili fossili (Figura 42).

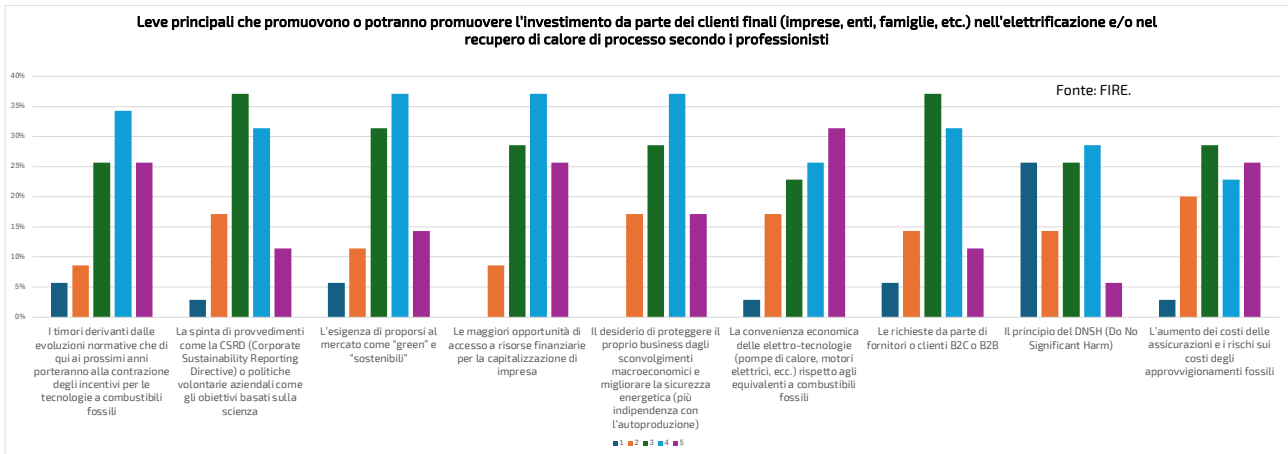


Figura 42 - Leve di promozione secondo i professionisti del settore dell'energia

Dalla rappresentazione cumulata delle risposte 4 e 5 (Figura 43), appare evidente che, oltre agli elementi discussi al paragrafo precedente, i professionisti, in condivisione con quanto espresso dagli altri soggetti partecipanti, ritengono comunque valide leve d'azione anche altri aspetti quali: la spinta del mercato a premiare realtà ritenute "green" e "sostenibili" e il desiderio di proteggere il proprio business da possibili sconvolgimenti macroeconomici migliorandone l'indipendenza energetica.

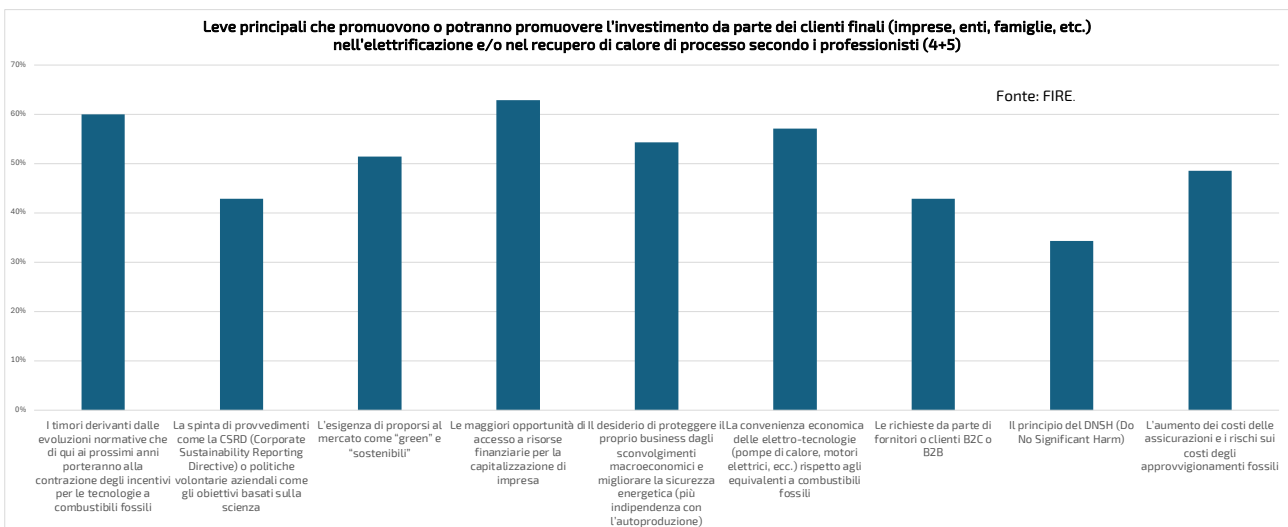


Figura 43 - Leve di promozione secondo i professionisti del settore dell'energia (4+5)

I RISULTATI DELLE INTERVISTE

La fase conclusiva dell'indagine ha previsto la realizzazione di oltre 30 interviste, volte ad approfondire i temi emersi dal questionario e a raccogliere punti di vista specifici da parte di diversi attori del settore, con l'obiettivo di indagare le principali criticità ed eventuali opportunità di miglioramento sia lato offerta, sia lato domanda. I soggetti intervistati includono fornitori di tecnologie, ESCO e fornitori di servizi energetici, oltre a rappresentanti di associazioni di categoria.

Di seguito vengono presentati i principali elementi emersi dalle interviste, con riferimento ai seguenti aspetti chiave: le principali criticità e barriere nello sviluppo o nell'adozione di tecnologie per la decarbonizzazione del calore industriale; i meccanismi di incentivazione e le politiche considerate più efficaci, nonché le aree che necessitano di miglioramento; ulteriori proposte e spunti di riflessione utili emersi dal confronto con gli stakeholder.

CRITICITÀ ED ASPETTI RILEVANTI RELATIVI ALLE TECNOLOGIE

POMPE DI CALORE

L'indagine ha evidenziato diverse criticità tecniche, economiche e operative che attualmente ostacolano una diffusione su larga scala delle pompe di calore nei contesti industriali. Di seguito si riportano i principali elementi emersi, insieme a osservazioni e proposte raccolte dai soggetti coinvolti nelle interviste.

Tempi di ritorno dell'investimento troppo lunghi: l'investimento richiesto per l'installazione di pompe di calore risulta significativamente più elevato rispetto alle caldaie tradizionali, spesso fino a tre volte superiore. Inoltre, l'adozione di tali tecnologie spesso richiede una serie di interventi complementari (es. adeguamenti impiantistici), aumentando ulteriormente i costi complessivi e allungando i tempi di playback.

Complessità nell'integrazione nei processi produttivi: l'integrazione della pompa di calore nel processo industriale spesso può risultare complessa. Le soluzioni proposte non devono introdurre livelli di complessità tecniche e gestionale tali da scoraggiare l'adozione, specie in contesti con processi sensibili o rigidamente strutturati.

Limitazioni tecnologiche per alte potenze: per applicazioni di grossa taglia, il passaggio della generazione termica all'elettrico è ancora tecnicamente complessa e spesso non economicamente sostenibile. Le tecnologie disponibili sono principalmente sartoriali, quindi soluzioni non a catalogo e con costi elevati.

Competenze tecniche richieste: il passaggio da caldaie tradizionali a pompe di calore implica la necessità di nuove competenze, sia per l'installazione che per la gestione operativa dell'impianto, in generale più complessa rispetto a quella necessaria per una caldaia tradizionale. Le imprese che storicamente hanno gestito sistemi basati su caldaie possono incontrare difficoltà nell'adottare e mantenere nuove tecnologie senza un adeguato supporto tecnico.

Riteniamo utile, inoltre, riportare alcuni concetti ed osservazioni interessanti espressi dai soggetti coinvolti:

Soluzioni standardizzate e scalabili: alcuni stakeholder sottolineano come al fine di penetrare quote di mercato più ampie sia necessario puntare su soluzioni industriali di serie, facilmente replicabili e disponibili sul mercato, piuttosto che su progetti su misura complessi e costosi, che devono inoltre scontrarsi con normative di sicurezza legate alle grosse quantità di concentrazione di refrigeranti. Viene sottolineato come l'approccio modulare, combinato a macchine di media taglia, sia spesso una soluzione tecnicamente percorribile anche per fabbisogni energetici elevati.

Sostenibilità economica degli investimenti: è essenziale che gli interventi siano in grado di rientrare nei costi entro la vita utile delle apparecchiature. Attualmente, l'elevato prezzo dell'energia elettrica e il basso costo del gas metano penalizzano la convenienza economica delle pompe di calore. Ad esempio, con un rapporto tra prezzo dell'elettricità e del gas pari a 3,5 (MWh_e/MWh_t), l'efficienza della pompa di calore deve essere almeno 3,5 volte superiore affinché l'investimento risulti competitivo. Quindi le due leve fondamentali per uno sviluppo solido di questa filiera sono:

- l'efficienza della pompa di calore;
- il costo dell'energia elettrica.

Con riferimento a quest'ultimo punto, è necessario riuscire a ridimensionare il costo dell'energia elettrica puntando sull'ottenimento di contratti con i fornitori di energia più vantaggiosi e sull'autoproduzione di energia elettrica come elemento di mitigazione del prezzo. A tal proposito risultano di importanza strategica i due aspetti seguenti.

Ruolo delle politiche pubbliche e delle istituzioni: le autorità dovrebbero promuovere contratti e strumenti che facilitino la transizione e stabilizzino i prezzi nel medio-lungo termine, ad esempio tramite:

- contratti di fornitura a prezzi calmierati, introducendo tassazioni su extraprofitto laddove si generino vantaggi economici rilevanti e detrazioni quando il mercato imponga costi superiori;
- supporto all'autoproduzione energetica, anche in logica distrettuale e non solo a livello di singolo impianto;
- agendo sulle tariffe elettriche (ad esempio riducendo gli oneri di sistema in ottica premiante verso l'adozione di interventi o tecnologie di elettrificazione industriale).

Collaborazione tra attori della filiera: è importante promuovere il dialogo e la cooperazione tra associazioni industriali e fornitori di tecnologie/servizi energetici con l'obiettivo di avere strategie condivise e maggior potere contrattuale. Detrazioni ed incentivi rimangono elementi fondamentali per supportare investimenti ancora non economicamente competitivi; il mercato, tuttavia, dovrà svilupparsi in modo da poter essere economicamente autosostenibile nel medio-lungo periodo, limitando la necessità di supporto pubblico.

RECUPERO DEL CALORE DI PROCESSO

L'indagine ha evidenziato che il recupero del calore rappresenta una leva strategica e risulta essere tra le principali attività volte all'efficienza energetica e la decarbonizzazione realizzate nel settore industriale. Non mancano alcune criticità che ne limitano i potenziali benefici.

Limitate opportunità di utilizzo del calore a bassa temperatura: una delle principali barriere è la difficoltà di valorizzare il calore recuperato a basse temperature (ad esempio intorno agli 80-100°C). In molti casi, questo tipo di calore non può essere riutilizzato all'interno del processo produttivo stesso, risultando quindi in un'opportunità non sfruttata. Tuttavia, in alcuni contesti l'integrazione di una pompa di calore permette di innalzare la temperatura quel tanto che basta per riuscire a reimpiegare calore di

scarto nel processo produttivo in maniera efficiente, infatti, grazie al salto termico ridotto, è possibile ottenere COP più elevati (comparti come il farmaceutico, l'alimentare o il cartario consentono maggiori opportunità in questo senso).

Una valida alternativa per la valorizzazione di cascami termici industriali risulta inoltre essere la cessione del calore tramite reti di teleriscaldamento. L'impiego del calore in reti di teleriscaldamento pubbliche consente di ottenere un duplice beneficio:

- **Credito d'imposta:** applicabile alla quota di calore riutilizzata internamente dall'industria. Questo meccanismo può rendere più competitiva nel tempo anche una caldaia a biomassa rispetto al metano, permettendo di generare calore a basse emissioni.
- **Incentivo sulla cessione:** la quota di calore ceduta a terzi può beneficiare di un incentivo che permette al beneficiario di acquistare a prezzo scontato.

Nel contesto dello sviluppo delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), un'ulteriore opportunità di valorizzazione del calore di scarto particolarmente interessante riguarda i data center, la cui diffusione è in forte crescita e che generano ingenti quantità di calore a bassa temperatura (circa 30 °C), oggi per lo più dissipato. Pianificare l'installazione di nuovi data center in prossimità di distretti industriali o utenze termiche compatibili consentirebbe di recuperare tale calore attraverso pompe di calore, rendendolo riutilizzabile nei processi produttivi o per usi civili.

Definizioni normative: a livello europeo, la valorizzazione del recupero termico è stata riconosciuta nella comunicazione della Commissione Europea C/2025/2238. Tuttavia, viene segnalata una criticità rilevante relativa alla definizione stessa di "calore di scarto" e, di conseguenza, di "recupero termico". Seguendo le attuali linee guida, sarebbe infatti possibile riconoscere solo una quota molto limitata di calore effettivamente recuperato e rendicontato come tale, ostacolando l'accesso a incentivi o meccanismi di supporto.

SOSTITUZIONE DI COMBUSTIBILI TRADIZIONALI CON BIOMETANO O BIOMASSE

Il ricorso a combustibili rinnovabili come biometano e biomasse rappresenta una delle alternative tecnologicamente più agevolmente percorribili, in particolare dal comparto industriale dipendente principalmente dal gas naturale. L'indagine ha però evidenziato una diffusione di queste soluzioni piuttosto limitata, a causa di una serie di criticità.

Limitata disponibilità: il biometano è considerato tra le opzioni più promettenti per la decarbonizzazione rapida dei sistemi termici, grazie alla sua compatibilità con infrastrutture esistenti e tecnologie mature. Tuttavia, la scarsa disponibilità della risorsa costituisce la prima barriera che limita fortemente la possibilità di adozione su larga scala. In alcuni contesti industriali vengono già impiegate biomasse, tuttavia, anche in questo caso la disponibilità resta limitata e spesso non consente di coprire più di una quota marginale del fabbisogno energetico.

Costo superiore rispetto ai combustibili fossili: laddove disponibile, il biometano presenta costi mediamente più elevati rispetto al gas naturale. In diversi casi, questo fattore può spingere le imprese a considerare alternative economicamente meno impegnative, come l'acquisto di crediti di carbonio per la compensazione delle emissioni, piuttosto che investimenti diretti nella sostituzione di impianti.

Barriere normative ed ETS: attualmente in Italia esiste una barriera normativa legata all'inclusione del biometano nei meccanismi di contabilizzazione delle emissioni ETS. Sebbene a livello europeo il regolamento 2018/2066 (ETS Monitoring and Reporting Regulation) stabilisca le modalità per la

rendicontazione delle emissioni, l'Italia non ha ancora attuato pienamente queste linee guida, generando incertezza sulle modalità di riconoscimento della CO₂ evitata attraverso l'uso di gas rinnovabile.

Riteniamo utili inoltre riportare alcune proposte emerse durante le interviste:

Prioritizzazione dell'uso del biometano: alcuni interlocutori propongono di valutare attentamente i settori a cui destinare il biometano disponibile, ritenendo opportuno favorirne l'impiego nei comparti "hard to abate" (industria, processi ad alta temperatura), dove non esistono valide alternative.

Contratti a lungo termine per gas rinnovabile: è stato segnalato un interesse crescente verso formule contrattuali stabili, in analogia ai Power Purchase Agreements (PPA), ma applicati al gas verde. Tali contratti potrebbero incentivare l'investimento nella produzione e nell'uso di biometano, garantendo agli utenti industriali un approvvigionamento stabile e prezzi prevedibili nel medio-lungo periodo.

Valorizzazione degli accordi territoriali per la biomassa: sebbene si tratti ancora di iniziative circoscritte, in alcuni contesti locali sono stati già attivati accordi di filiera per la raccolta e l'utilizzo di biomasse, che rappresentano un esempio positivo di collaborazione tra imprese, agricoltori e autorità locali. Promuovere questi modelli potrebbe facilitare un uso più efficiente delle risorse disponibili e aumentare la quota di copertura del fabbisogno energetico.

CATTURA DELLA CO₂

Tra le tecnologie emergenti per la decarbonizzazione dell'industria, un ruolo potenzialmente rilevante è ricoperto dai sistemi di carbon capture, volti alla cattura della CO₂ dai gas di scarico di impianti termici (come caldaie e cogeneratori) oppure generati da processi industriali di vario tipo. L'indagine ha evidenziato che si tratta di soluzioni ancora poco mature dal punto di vista economico e tecnologico, con applicazioni limitate principalmente a studi sperimentali o progetti pilota. Di seguito le principali criticità emerse:

Costi ancora troppo elevati: la realizzazione di impianti per la cattura della CO₂ comporta costi molto elevati, sia in termini di investimento iniziale sia di esercizio. A ciò si aggiungono costi accessori significativi nei casi in cui la CO₂ catturata debba essere liquefatta, trasportata e stoccata, rendendo l'intera filiera poco sostenibile dal punto di vista economico.

Tecnologie in fase sperimentale: nella maggior parte dei casi, la carbon capture si trova ancora in fase teorica o di sperimentazione. Le applicazioni industriali concrete sono limitate a progetti pilota. Nonostante il potenziale contributo alla riduzione delle emissioni, in particolare in relazione al sistema ETS, non esiste ancora un mercato sviluppato ed una filiera strutturata, oltre ad un quadro regolatorio maturo.

Bassa concentrazione di CO₂ nei fumi: in alcuni processi industriali un'ulteriore criticità tecnica è legata alla bassa concentrazione di CO₂ nei gas di combustione, che rende poco efficiente l'implementazione di queste soluzioni, riducendone l'efficacia complessiva e aumentando i costi per tonnellata di CO₂ evitata.

Al netto delle attuali criticità evidenziate è utile riportare alcune interessanti considerazioni.

Recupero e riutilizzo della CO₂ in alcuni settori: in alcuni contesti industriali la CO₂ catturata può essere riutilizzata localmente, ad esempio nella produzione di bevande gassate. Tuttavia, si tratta di casi limitati, e nella maggior parte delle situazioni resta comunque necessario prevedere un sistema di stoccaggio o trasporto del gas, con ulteriori implicazioni logistiche ed economiche.

Introduzione di incentivi mirati: per favorire l'adozione di impianti di carbon capture è considerato fondamentale introdurre meccanismi di supporto economico dedicati, almeno in fase iniziale. Gli incentivi potrebbero coprire parte dei costi di investimento o di esercizio, soprattutto in settori industriali hard to abate dove le alternative tecnologiche sono limitate.

IDROGENO “VERDE”

L'idrogeno verde, prodotto da elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili, rappresenta una delle opzioni più promettenti per la decarbonizzazione, soprattutto nei settori hard to abate o quelli in cui è necessario operare con temperature di esercizio elevate. Tuttavia, al momento, il suo utilizzo diffuso è ancora limitato da barriere economiche, normative ed infrastrutturali.

Alti costi di produzione: il principale limite economico attuale è rappresentato dal costo elevato per la generazione dell'idrogeno verde, che rende l'investimento poco competitivo rispetto ad altre tecnologie, in quanto l'intero processo è poco efficiente. I tempi di ritorno sono lunghi, a meno di non accedere a fondi o incentivi specifici che possano ridurre il gap iniziale.

Qualora nel prossimo futuro si avesse disponibilità di energia elettrica rinnovabile in surplus, questa tecnologia potrebbe ricoprire un ruolo importante, permettendone l'impiego come vettore di accumulo e flessibilità energetica.

Vincoli normativi e autorizzativi: l'installazione e gestione di impianti a idrogeno presenta notevoli complessità in materia di sicurezza e iter autorizzativi, legate alla presenza di un quadro regolatorio non ancora pienamente maturo. Questi aspetti risultano maggiormente critici nel caso di stoccaggio in loco. Per evitare lo stoccaggio è possibile optare per la fornitura on-demand, ma ciò comporta un utilizzo meno ottimale dell'impianto ed aumenta notevolmente i costi, pur semplificando la gestione della sicurezza e gli aspetti autorizzativi.

Alcuni partecipanti ritengono che il potenziale dell'idrogeno sarebbe massimizzato sviluppando una rete di distribuzione che fornisca un servizio in maniera analoga a quanto avviene con il gas naturale, che ne consentirebbe l'utilizzo su scala industriale, superando le attuali limitazioni legate allo stoccaggio.

ACCUMULI TERMICI

L'utilizzo di sistemi di accumulo termico sta emergendo come una soluzione tecnologica promettente per migliorare la flessibilità e la resilienza dei sistemi energetici industriali. In particolare, gli accumuli basati su sali fusi o sabbia levitante consentono di trasformare l'elettricità da fonti rinnovabili in calore ad alta temperatura, sfruttabile nei processi produttivi. I vantaggi legati alla flessibilità risiedono nella capacità di fornire calore ad alte temperature in tempi molto rapidi. Grazie all'elevata densità energetica questi sistemi consentono inoltre di immagazzinare grandi quantità di calore in volumi contenuti. Presentano inoltre vantaggi anche in termini di sicurezza. Rispetto ad altre tecnologie di accumulo (come le batterie al litio), queste soluzioni non presentano rischi di infiammabilità o tossicità, migliorando il profilo di sicurezza operativa.

Attualmente una delle maggiori barriere sono i costi ancora elevati. Nonostante siano generalmente meno costosi rispetto alle batterie chimiche, gli accumuli termici presentano ancora un costo iniziale significativo, che ne limita la diffusione su larga scala. Tuttavia, diventano più competitivi se si considera

anche il risparmio associato alla riduzione delle emissioni di CO₂, soprattutto in ambiti soggetti a sistemi di scambio di quote di emissione (ETS).

CRITICITÀ ED ASPETTI RILEVANTI RELATIVI A POLICY E MECCANISMI DI SUPPORTO

In maniera analoga con quanto fatto per le tecnologie discussa al capitolo precedente, in fase di intervista si è cercato di indagare l'impatto dei principali meccanismi di supporto e policy disponibili in Italia evidenziando eventuali criticità, esperienze e proposte di miglioramento.

CERTIFICATI BIANCHI

Il meccanismo dei certificati bianchi (TEE) viene riconosciuto da tutti gli operatori come uno degli strumenti più efficaci a supporto dell'efficienza energetica. Tuttavia, negli anni passati la fiducia degli operatori nel sistema si era progressivamente ridotta a causa di una gestione ritenuta troppo rigida, che aveva portato incertezza e disincentivato nell'intraprendere una procedura complessa. Negli ultimi anni la fiducia verso un meccanismo fondamentale è tornata a crescere, semplificando e rendendo meno rigide le procedure di riconoscimento dei benefici. I partecipanti sono in accordo che per migliorare ulteriormente l'appetibilità del meccanismo sia necessario, ad esempio:

- far leva e potenziare il ruolo di EGE e professionisti del settore, in grado di valorizzare e supportare le imprese nell'accesso al meccanismo;
- ampliare le schede esemplificative per l'accesso ai TEE anche ad interventi industriali innovativi, oggi disponibili in misura limitata ad alcuni interventi.

TRANSIZIONE 5.0

Per quanto riguarda Transizione 5.0, oltre alle criticità legate alla complessità del meccanismo in termini di misura (con riferimento al precedente Transizione 4.0), alle tempistiche limitanti ed alla poca chiarezza sugli interventi incentivabili, gli operatori hanno sottolineato ulteriori criticità riscontrate:

- non risulta possibile incentivare pompe di calore alimentate con calore di recupero da cascame termico (ma esclusivamente rinnovabile, da acqua o terreno),
- i requisiti DNSH di Transizione 5.0 escludono vari refrigeranti, per cui il settore lato produzione non è risultato pronto. In generale si è verificato un disallineamento tra alcune specifiche legate alle tecnologie richieste dal meccanismo e ciò che effettivamente il mercato offriva.

FER T

Questo nuovo meccanismo in fase di definizione risulta essere visto come un'opportunità interessante per sostenere l'elettrificazione e la decarbonizzazione del calore. Tuttavia, sono state riportate una serie di osservazioni:

Assenza di distinzione in base alla temperatura del calore: la bozza attuale non distingue tra diverse soglie di temperatura del calore recuperato, premiando allo stesso modo soluzioni che rispondono a esigenze tecnologiche molto differenti. Questo approccio potrebbe penalizzare gli interventi più sfidanti e non tiene conto delle importanti differenze in termini di impatto e valore economico che ci sono tra recuperare calore a bassa temperatura rispetto al calore ad alta temperatura.

Esclusione di alcune tecnologie: attualmente il meccanismo sembra concentrarsi quasi esclusivamente su pompe di calore, geotermia e solare termico; non viene menzionato l'impiego di accumuli termici. Tale approccio pone alcuni limiti legati alla tipologia delle applicazioni e al contesto nel cogliere l'opportunità di ottenere un beneficio in quanto:

- le pompe di calore sono efficaci solo per applicazioni che operano fino a temperature intorno ai 110°C, quindi non adeguate a molti processi industriali;
- il solare termico non risulta scalabile in molti contesti per questioni di spazio e risulta più efficiente in aree geografiche ben esposte a condizioni favorevoli;
- anche gli impianti geotermici risultano particolarmente efficienti in alcune località specifiche.

ULTERIORI PROPOSTE E CONSIDERAZIONI

SEMPLIFICARE L'ACCESSO AGLI INCENTIVI: molti incentivi, pur essendo tecnicamente interessanti, risultano poco accessibili a causa della complessità burocratica e dei costi elevati per la preparazione della documentazione. Ciò ostacola la partecipazione soprattutto per le PMI.

Spesso i bandi risultano complessi e richiedono sforzi eccessivi già nella fase di candidatura. Un esempio è la richiesta di redazione di scenari controfattuali, oppure la necessità di contabilizzare il calore. In tal senso risulterebbe utile apportare delle semplificazioni, come adottare misure standard o cautelative per le valutazioni "ante" (esempio impiegando valori di targa) in particolare se si sta valutando il passaggio da un sistema termico ad uno elettrico.

Favorire l'adozione progressiva delle tecnologie di decarbonizzazione: per accelerare la transizione energetica è necessario incentivare anche interventi di decarbonizzazione parziale o progressiva, basati su tecnologie oggi disponibili e applicabili, soprattutto nei settori dove le soluzioni a zero emissioni non sono ancora tecnicamente mature o economicamente sostenibili. Spesso i meccanismi attuali penalizzano questi approcci transitori a causa di criteri di ammissibilità troppo rigidi o poco aderenti alla realtà industriale, con il rischio di escludere comportamenti virtuosi. È quindi essenziale che i soggetti valutatori abbiano competenze tecniche adeguate e adottino un approccio più flessibile nel valorizzare quanto oggi è effettivamente realizzabile.

L'approccio transitorio è spesso più facilmente gestibile e riduce il rischio percepito dalle aziende, facilitando così l'avvio del percorso di transizione.

MODALITÀ DI FINANZIAMENTO DEGLI INVESTIMENTI

Durante le interviste si è approfondita anche la natura dei rapporti tra fornitori di tecnologie e servizi energetici e clienti finali, con particolare attenzione alla tipologia di contratti e garanzie adottate, nonché alle modalità di finanziamento degli investimenti. In generale, è emerso che nel contesto industriale, la maggior parte degli investimenti per progetti di elettrificazione e recupero del calore viene attualmente affrontata attraverso l'acquisto diretto di tecnologie o servizi, utilizzando capitale proprio o comunque facendo ricorso a finanziamenti privati.

Nel 2024 sono stati stanziati circa 2 miliardi di euro a livello nazionale, oltre a ulteriori risorse aggiuntive, per sostenere la riduzione dei costi energetici a favore delle imprese energivore. Tuttavia, affinché tali risorse generino un impatto duraturo e strutturale, sarebbe auspicabile che una parte di esse fosse

vincolata al reinvestimento in interventi di elettrificazione o in tecnologie ad alta efficienza energetica. In assenza di tale condizionamento, esiste il rischio concreto che i fondi si traducano in un beneficio temporaneo e non produttivo. Va infatti sottolineato che le tecnologie per l'efficienza energetica rappresentano un importante volano per la filiera manifatturiera italiana, generando ricadute positive in termini di innovazione, occupazione e competitività industriale.

EPC

Le ESCO, in molti casi, sono apparse ricoprire un ruolo più consulenziale che finanziario, poiché spesso i risparmi generati dagli interventi non sarebbero sufficienti a giustificare un contratto EPC. Risultano inoltre coinvolte principalmente nella gestione degli impianti di cogenerazione e di HVAC. In contesti non fortemente energivori è difficile realizzare EPC sostenibili: interventi come pompe di calore o sistemi ibridi non garantiscono risparmi tali da coprire i costi del contratto, limitandone ulteriormente l'applicabilità.

Anche dal lato della domanda c'è scarsa propensione all'approccio EPC, anche perché quando l'impresa ha risorse proprie, riconosciuta la convenienza di un intervento, punta a massimizzare il ritorno economico.

GARANZIE

L'elevata avversione al rischio e al cambiamento, soprattutto quando si tratta di modificare impianti produttivi consolidati, rappresenta ancora oggi una barriera significativa alla diffusione di queste soluzioni. In alcuni casi, progetti di recupero del calore di processo o l'integrazione di nuove tecnologie, pur risultando tecnicamente ed economicamente realizzabili, non vengono portati avanti a causa di garanzie richieste dai clienti per eventuali casi di mancata produzione oltre ad essere legate al timore di subire variazioni nell'output di processi che talvolta hanno visto anni di messa a punto.

Queste logiche chiaramente limitano gli interventi a quelli che non interferiscono in maniera importante con l'operatività dell'industria.

LE PROPOSTE DI POLICY PER L'ELETTRIFICAZIONE INDUSTRIALE

In questo capitolo sono elencate una serie di raccomandazioni di policy volte a favorire l'elettrificazione del consumo energetico al fine di ridurre la domanda di energia primaria, la dipendenza dai combustibili fossili, la decarbonizzazione dell'economia e altri benefici importanti (salute, sicurezza, inquinamento, etc.). Le raccomandazioni sono illustrate tenendo conto dei diversi obiettivi che si possono raggiungere (ad esempio migliorare la supply chain o eliminare le distorsioni di mercato). Le raccomandazioni possono riferirsi a politiche attivabili a livello europeo e/o italiano, a seconda del tipo di misura prevista, e ciò è stato indicato fra parentesi.

Oltre alle seguenti raccomandazioni si sottolinea l'importanza di dare maggiore rilievo all'elettrificazione del calore nell'agenda politica, integrando nelle roadmap e negli obiettivi industriali, e di porre l'efficienza energetica al centro della decarbonizzazione industriale, così da rendere l'elettrificazione più semplice, rapida ed economicamente sostenibile [16].

SUPPLY CHAIN: OTTIMIZZARE LA FILIERA E GARANTIRE LA QUALITÀ DAI PRODUTTORI AGLI INSTALLATORI

Le innovazioni necessarie per cambiare e migliorare le supply chain non possono procedere ad un ritmo sufficiente solo in virtù della spinta del mercato. È necessaria una pianificazione strategica, con una visione completa di ciò che, negli scenari prospettici, dovrebbe concretizzarsi. La normativa UE e le iniziative complementari possono sostenere, promuovere e persino imporre lo sviluppo di tale pianificazione da parte degli Stati membri. Inoltre, la cooperazione transnazionale potrebbe aiutare la parte a monte della catena di fornitura (materie prime, produttori), mentre la parte a valle (installatori) comprende una maggioranza di PMI che possono essere supportate da programmi nazionali.

Analisi e monitoraggio del mercato (EU, IT): anticipare le esigenze e i rischi di colli di bottiglia nei materiali e nelle attrezzature in linea con gli obiettivi politici, e prevedere possibili aumenti dei costi dovuti alla forte domanda, rendendo le informazioni disponibili ai decisori politici, assicurando che siano in atto schemi di supporto e che le politiche siano progettate tenendo presente le capacità e le esigenze della supply chain.

Il Joint Research Centre potrebbe predisporre un aggiornamento periodico sulla domanda di materiali critici necessari per la transizione energetica dal lato degli utenti finali, come fatto per le tecnologie FER. Parallelamente, le tecnologie strategiche per l'elettrificazione come le pompe di calore potrebbero essere incluse tra le "tecnologie strategiche" per le quali la Commissione europea monitora la domanda di materiali critici.

L'elaborazione dettagliata delle misure politiche nei PNIEC potrebbe agevolare l'analisi degli impatti sul mercato. Fornendo dettagli sulle misure politiche e sull'impatto sui mercati dei materiali e delle attrezzature necessarie, si potrebbero identificare la capacità del mercato di soddisfare gli impatti previsti dalle politiche. Ciò è particolarmente importante per identificare possibili colli di bottiglia o rischi di effetti inflazionistici.

I distributori di energia potrebbero fornire informazioni sugli impatti sulle reti, al fine di consentire l'elaborazione di piani di azione efficaci da parte delle Istituzioni di riferimento.

Mercato europeo dei componenti (EU): sostenere gli investimenti dei produttori di soluzioni di elettrificazione per ridurre la dipendenza dai paesi extra-UE per la fornitura di componenti cruciali (ad esempio chip, refrigeranti, etc.) che sono scarsamente prodotti sul mercato europeo.

Nel 2020 è stata varata la nuova Alleanza europea sulle materie prime prevista dal piano d'azione sulle materie prime critiche della Commissione Europea. L'Alleanza europea sulle materie prime (ERMA) sostenuta da oltre 300 portatori di interesse, è gestita da EIT RawMaterials e contribuisce a garantire un accesso affidabile, sicuro e sostenibile alle materie prime, concentrandosi inizialmente sulle terre rare e sulle catene del valore dei magneti permanenti, essenziali per la maggior parte degli ecosistemi industriali dell'Unione Europea e successivamente, su altre esigenze critiche e strategiche di materie prime e metalli di base.

Piattaforme per acquisti congiunti (EU): creare, implementare e gestire piattaforme che facilitino gli acquisti congiunti di componenti da parte dei produttori europei a livello UE, promuovendo economie di scala. Promuovere modelli integrati di fornitura dei clienti finali come quelli già sviluppati da alcuni venditori di energia elettrica per il mercato al dettaglio, al fine di garantire costi bassi, standardizzazione e installazioni di alta qualità. Gli ecosistemi e le piattaforme sono anche molto importanti per dare accesso al mercato ai piccoli operatori.

Nell'ambito del piano REPowerEU, la Commissione europea e gli Stati membri hanno istituito una piattaforma per l'acquisto congiunto volontario di gas, GNL e idrogeno. Un'iniziativa simile potrebbe essere proposta per garantire la catena di approvvigionamento di tecnologie e servizi per l'efficienza energetica, previa consultazione delle parti interessate in merito alle loro esigenze e alle opportunità di sviluppare piattaforme per acquisti congiunti volontari. Mentre i grandi produttori dispongono già di proprie strategie per la catena di approvvigionamento (nell'ambito del miglioramento dei propri vantaggi competitivi), tra le parti interessate coinvolte nell'elettrificazione figurano numerose PMI (e persino la maggior parte di singole imprese o di piccole dimensioni, considerando gli installatori). Le piattaforme per gli acquisti congiunti potrebbero aiutare le PMI ad affrontare gli effetti dell'inflazione e a ottimizzare la catena di approvvigionamento.

Favorire gli investimenti in ricerca e sviluppo (EU, IT): creare un quadro politico e legale chiaro e trasparente che possa determinare le condizioni giuste per investimenti nella ricerca di migliori tecnologie di elettrificazione, in particolare le pompe di calore da parte di grandi produttori, in collaborazione con i fornitori di energia elettrica (ad esempio fornendo siti per sperimentazioni, monitorando le prestazioni in sito). Promuovere la diffusione di sistemi che utilizzano fluidi di lavoro a basso impatto ambientale.

Ricerca, innovazione e competitività occupano un posto di rilievo nei PNIEC dei Paesi UE. Tuttavia, i piani e le capacità effettive di R&S variano significativamente da un paese all'altro. Gli investimenti in ricerca e

sviluppo sono sostenuti anche dai programmi di ricerca europei e dai programmi operativi. A livello UE, il Piano strategico per le tecnologie energetiche (Piano SET) sostiene le tecnologie che hanno un impatto maggiore sulla transizione, promuovendo, tra le altre attività di ricerca strategica, anche l'accumulo, l'integrazione, la riduzione dei costi e le nuove tecnologie per i consumatori. L'attuazione del Piano SET tende a concentrarsi maggiormente sulle tecnologie per l'approvvigionamento energetico e le reti energetiche piuttosto che sulle tecnologie per la domanda.

Qualificazione dei professionisti (EU, IT): assicurare la disponibilità di un numero di professionisti qualificati in linea con gli obiettivi fissati dalle policy. Rivedere periodicamente le tendenze e le esigenze del mercato, e coordinarsi con enti di formazione professionale e con gli stakeholder di riferimento (ad esempio, organizzazioni di categoria, sindacati, associazioni di consumatori) per organizzare programmi di formazione, qualificazione e certificazione. Gli incentivi possono essere condizionati alla stipula di contratti con professionisti qualificati o certificati, creando così un incentivo per i professionisti a ottenere qualifiche o certificazioni.

L'articolo 26 della EED rifiuta chiarisce e rafforza le disposizioni relative alla disponibilità di sistemi di qualificazione, accreditamento e certificazione per diversi fornitori di servizi energetici, auditor energetici, gestori dell'energia e installatori. Le nuove disposizioni imporranno agli Stati membri di valutare i sistemi ogni quattro anni a partire da dicembre 2024.

L'articolo 18 della Direttiva RED II stabilisce che gli Stati membri devono garantire la disponibilità di sistemi di certificazione per gli installatori di pompe di calore. I sistemi di qualificazione, accreditamento e certificazione sono essenziali affinché i clienti finali possano fidarsi degli installatori e degli altri fornitori di servizi. Tuttavia, sono necessarie misure complementari per superare l'attuale carenza di professionisti qualificati.

Per innescare un cambiamento veloce di questa situazione sarebbero necessari piani nazionali per migliorare l'attrattività dei programmi di studio e delle professioni tecniche, nonché lo sviluppo delle capacità di istruzione e formazione professionale nei settori della transizione energetica. L'avvio di queste misure dovrebbe essere una priorità assoluta, in quanto presupposto essenziale per la realizzazione della transizione energetica. Le carenze già osservate si aggraveranno se si considera il necessario aumento dei tassi di installazione delle tecnologie di elettrificazione. Mentre la formazione dei professionisti già attivi nel settore potrebbe essere completata in pochi mesi, un aumento significativo del numero di nuovi professionisti richiederà diversi anni. È pertanto urgente che gli Stati membri agiscano ora per pianificare lo sviluppo della forza lavoro per la transizione energetica.

Potenziare modelli di business innovativi che offrano garanzie e nuove soluzioni di finanziamento (EU, IT): promuovere contratti a garanzia di risultato (EPC) e altre forme di contratti garantiti per assicurare che le prestazioni dei sistemi "innovativi" siano in linea con le aspettative e il potenziale teorico, e che ci siano retroazioni in caso di installazioni sbagliate o tecnologie a bassa performance, migliorando allo stesso tempo la qualificazione degli operatori di mercato. Investire nei servizi: oltre agli EPC, altri modelli di vendita di energia o di apparecchiature di efficienza energetica come servizio eliminando i costi iniziali e facilitando l'accesso agli investimenti.

Organizzare la fine del ciclo di vita e collegarla alle politiche di economia circolare (EU): anticipare i possibili impatti ambientali dell'elettrificazione e delle altre soluzioni per la decarbonizzazione.

UTILIZZATORI FINALI: RENDERE LA TRANSIZIONE FACILE, ATTRATTIVA ED AFFIDABILE

Rendere più efficace la narrazione (EU, IT): la narrazione mirata a diffondere le soluzioni per la decarbonizzazione dovrebbe concentrarsi sui benefici che l'elettrificazione porta ai consumatori piuttosto che sugli sforzi o le restrizioni richieste (ad esempio, la progressiva eliminazione dei combustibili fossili, gli effetti sulle reti elettriche). Dovrebbe essere enfatizzato il ruolo dei benefici multipli delle misure di efficienza energetica, che nel contesto industriale sono rilevanti poiché riguardano la salute e sicurezza dei lavoratori, l'inquinamento locale, la manutenzione, etc.

Coinvolgere le imprese nel processo decisionale (EU, IT): in particolare si suggerisce di:

- *Informare:* comunicare in modo efficace le modifiche programmate alle regole di mercato (e.g. opzioni sulla generazione in loco di energia, sulle tariffe e l'imposizione fiscale, sugli incentivi disponibili), condividere buone pratiche sull'elettrificazione e i recuperi termici nell'industria e offrire soluzioni che possano adattarsi alle loro esigenze e semplificare l'iter di investimento e accesso ai meccanismi di supporto.
- *Consultare:* assicurarsi di consultare le imprese e raccogliere esperienze da chi ha già realizzato interventi di elettrificazione, fornendo così le basi per una comunicazione che aiuti a costruire la legittimità delle politiche e degli schemi correlati attraverso la condivisione di buone pratiche e casi di successo. Ciò consente inoltre di raccogliere riscontri su problematiche ed errori, favorendo la diffusione di interventi efficaci.
- *Coinvolgere e ingaggiare:* comunicare chiaramente alle imprese e agli altri attori di mercato i passi progressivi pianificati verso l'eliminazione dei combustibili fossili (dall'interruzione degli incentivi alla completa eliminazione) e coinvolgerli nel processo di implementazione di nuove tecnologie o tecnologie esistenti, prevenendo il senso di imposizione che potrebbe portare a percezioni errate e a problemi di adozione.
- *Rendere autonome le imprese:* introdurre etichettature e altre forme di identificazione delle prestazioni delle diverse soluzioni tecnologiche che consentano anche la comparazione di soluzioni differenti (e.g. caldaia VS pompa di calore) e non solo un confronto all'interno della stessa tipologia.

Utilizzare tutti gli strumenti di policy disponibili (EU): assicurarsi di adottare un mix di politiche che includa diversi strumenti, non affidandosi solo ai segnali di mercato (ad esempio, attraverso il prezzo del carbonio o sussidi), ma anche promuovendo misure regolamentari, volontarie e informative, considerando che le imprese tendono a rispondere meglio alle regolamentazioni – che sono intrinsecamente misure di medio-lungo periodo – che ai soli segnali di mercato, spesso limitati nel tempo.

Organizzare campagne di monitoraggio e misurazione (EU, IT): valutare le prestazioni delle soluzioni per la decarbonizzazione in condizioni reali e come queste evolvono nel tempo, ad esempio promuovendo gli EPC o prevedendo la condivisione di misure di prestazione a valle dell'erogazione di incentivi. Questo porterebbe a performance migliorate e consentirebbe di raccogliere informazioni utili su come progettare, installare e gestire al meglio queste tecnologie innovative.

L'articolo 3 della EED rifiuta impone l'applicazione di metodologie costi-benefici con un'adeguata valutazione dei benefici multipli dell'efficienza energetica dal punto di vista sociale. Il capitolo IV della EED rifiuta è dedicato a "informazione e responsabilizzazione dei consumatori", che mira già a modificare la narrativa sull'efficienza energetica nei confronti degli utenti finali. L'articolo 21 impone agli Stati membri di adottare misure appropriate per promuovere e agevolare un uso efficiente dell'energia, tra cui una serie di strumenti e politiche per promuovere un cambiamento comportamentale (ad esempio incentivi, accesso ai finanziamenti, fornitura di informazioni, attività di formazione, strumenti digitali, etc.).

L'articolo 18 della Direttiva 2019/944 recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica è dedicato alle informazioni di fatturazione. Esso stabilisce che le informazioni destinate ai consumatori devono essere accurate, facilmente comprensibili, chiare, concise, di facile utilizzo e presentate in modo da facilitare il confronto. In una futura riformulazione della presente direttiva, l'articolo potrebbe essere ulteriormente rafforzato e includere ulteriori indicazioni. Oltre alla legislazione europea, il cambiamento di prospettiva dovrebbe essere promosso a livello nazionale (ad esempio attraverso misure elencate nei PNIEC).

QUADRO REGOLATORIO: RIMUOVERE LE DISTORSIONI DI MERCATO

Rivedere l'imposizione fiscale sull'energia (EU, IT): promuovere una revisione profonda della tassazione sull'energia elettrica e sui combustibili fossili, in modo che le imposte non favoriscano i combustibili fossili a scapito dell'energia elettrica (a titolo di esempio si cita il caso dei Paesi Bassi, che hanno progressivamente invertito le aliquote fiscali del gas naturale e dell'energia elettrica per incentivare l'elettrificazione⁵).

La revisione della Direttiva 2003/96/CE sulla tassazione dell'energia può svolgere un ruolo importante. Nella proposta di revisione, si suggerisce che i combustibili inizino a essere tassati in base al loro contenuto energetico e alle prestazioni ambientali, piuttosto che al loro volume. Ciò garantirebbe una base più equa. La Direttiva stabilisce le aliquote minime e le condizioni per le imposte sull'energia. Spetta poi agli Stati membri stabilire le proprie aliquote e condizioni. Gli Stati membri dovrebbero garantire che le imposte sull'energia creino segnali di prezzo in linea con i loro obiettivi per la transizione energetica. In Italia la struttura delle imposte e degli oneri di sistema e la loro ripartizione fra elettricità, gas naturale e altri combustibili potrebbe essere rivista per favorire efficienza energetica, sicurezza energetica e riduzione delle emissioni attraverso l'elettrificazione.

Rimuovere le distorsioni di mercato intervenendo sulla fatturazione e sulle tariffe (IT): le componenti applicate sulla bolletta per sostenere gli incentivi alle rinnovabili dovrebbero essere distribuite equamente tra le diverse fonti. Le altre voci di costo in bolletta dovrebbero essere ben evidenziate, in modo che i consumatori non le percepiscano come parte del costo dell'energia stessa. Le nuove regole sulla trasparenza delle bollette introdotte nel 2025 in Italia rappresentano un ottimo esempio in tal senso.

⁵ https://www.energie-nederland.nl/en/topics/taxation-financing/facts-figures/?utm_source=chatgpt.com

Gli oneri di rete e di sistema dovrebbero inoltre essere più equi e coprire tutti gli attori di mercato (inclusi i grandi consumatori) in modo proporzionato.

La fatturazione in ambito energetico deve essere chiara e riportare informazioni corrette, concise e presentate in modo da facilitare i confronti, come previsto dalla Direttiva sul mercato interno dell'energia elettrica. Questo aspetto era precedentemente disciplinato anche dall'attuale Articolo 10 della EED (Informazioni di fatturazione per gas ed elettricità). Ove non sia già previsto, gli Stati membri dovrebbero stabilire requisiti affinché i fornitori di energia elettrica rendano chiaro e semplice per i consumatori distinguere i costi relativi al consumo, gli oneri di rete e le imposte.

Più in generale, gli Stati membri dovrebbero concepire il sistema di finanziamento per le fonti rinnovabili in modo che non si basi esclusivamente sugli oneri di rete e di sistema. Lo sviluppo delle fonti rinnovabili non mira solo a sostituire l'attuale produzione di energia elettrica da combustibili fossili, ma anche a sostituire l'approvvigionamento energetico da altri vettori energetici. Gli oneri utilizzati per finanziare questa transizione energetica dovrebbero quindi essere ripartiti equamente tra i diversi vettori energetici e non limitati all'energia elettrica. Per quanto riguarda le tariffe di rete (che sono regolamentate), gli Stati membri dovrebbero garantire che la struttura tariffaria non crei sovvenzioni incrociate tra settori o gruppi di clienti, poiché ciò potrebbe creare uno svantaggio per l'uso dell'elettricità per determinati gruppi di clienti.

Fornire strumenti per la comparazione dei costi (EU, IT): assicurare che questo sia possibile per differenti tecnologie e fonti di energia, considerando anche i diversi tipi di consumatori (e.g. piccola o media impresa, impresa energivora o meno, etc.) e livelli di consumo. In particolare, i confronti dovrebbero considerare il costo del ciclo di vita (LCC), ossia includere nell'analisi i costi di investimento, operativi e di manutenzione, energetici e di dismissione, laddove presenti.

Promuovere tariffe dinamiche (EU, IT): valorizzare la flessibilità che le nuove tecnologie elettriche o i dispositivi di gestione dell'energia possono offrire attraverso tariffe idonee o schemi premianti (e.g. demand response).

La direttiva sul mercato interno dell'energia elettrica ha definito un contratto a prezzo dinamico per la fornitura elettrica. Inoltre, le autorità nazionali di regolamentazione svolgono un ruolo essenziale nella definizione delle condizioni tariffarie di rete in modo da poter inviare segnali di prezzo ai consumatori (per la flessibilità degli usi finali), valorizzando così la flessibilità nell'uso dell'energia elettrica.

RETE ELETTRICA: GARANTIRE UNO SVILUPPO ADEGUATO ALL'ELETTTRIFICAZIONE

Promuovere gli investimenti nella rete elettrica (EU, IT): assicurare uno sviluppo adeguato della rete elettrica, nell'ottica della capacità, della stabilità e della sicurezza. Le tecnologie attuali consentono di conseguire questi risultati, inclusa l'attivazione di misure per la flessibilità.

Nella EED (art. 15), la Commissione dovrebbe garantire che l'efficienza energetica e la gestione della domanda possano competere ad armi pari con la capacità di generazione e che sia attuato un programma di investimenti infrastrutturali efficiente in termini di costi ed energia, che tenga adeguatamente conto dell'efficienza energetica e della flessibilità della rete.

Migliorare la flessibilità (EU, IT): promuovere un quadro normativo orientato a sfruttare appieno il potenziale dell'elettrificazione, ad esempio consentendo la partecipazione dei carichi elettrici alla fornitura di servizi per la flessibilità e stabilità della rete (e.g. demand response, capacity payment) e semplificando gli allacciamenti o gli adeguamenti di potenza se l'utente si impegna a limitare la potenza nei periodi di picco.

Promuovere modelli alternativi per le pompe di calore (EU, IT): sviluppare reti di condivisione del calore fra le realtà industriali dello stesso distretto può ridurre il numero di sistemi da installare e il carico sulla rete di distribuzione a bassa tensione (sia grazie all'ampio accumulo termico che alla possibilità di collegamento diretto alle reti a media tensione).

L'articolo 24 della Direttiva RED II obbliga gli Stati membri ad aumentare la quota di energia da fonti rinnovabili e da calore e freddo di scarto nel teleriscaldamento e teleraffrescamento di almeno un punto percentuale come media annua calcolata per il periodo dal 2021 al 2025 e per il periodo dal 2026 al 2030.

Automazione: supportare lo sviluppo di sistemi di monitoraggio e automazione progettati per le pompe di calore e le altre soluzioni per la decarbonizzazione, considerando la possibilità di gestirle in base ai prezzi di mercato e agli schemi di gestione della domanda. L'evoluzione dei sistemi basati sull'intelligenza artificiale consente di sfruttare queste opportunità ed è dunque fondamentale mantenere politiche in grado di facilitarne l'adozione (e.g. Transizione 4.0 e 5.0).

INCENTIVI: ABILITARE IL POTENZIALE ECONOMICO DELLE TECNOLOGIE DI DECARBONIZZAZIONE

L'adozione delle tecnologie come le pompe di calore e delle altre soluzioni per la decarbonizzazione va supportata con incentivi dedicati. Processi industriali a bassa-media temperatura, come nei settori alimentare e delle bevande, cartario e chimico a bassa temperatura, potrebbero essere elettrificati utilizzando le pompe di calore. Sebbene le pompe di calore offrano vantaggi da una prospettiva di costi operativi (OPEX), sono comunque associate a costi di capitale (CAPEX) relativamente elevati rispetto alle tecnologie fossili e ad altre tecnologie a basse emissioni di carbonio come le caldaie elettriche. Vi sono inoltre incertezza sull'andamento futuro dei costi dei vettori energetici e delle quote di emissione.

Ad oggi i certificati bianchi rappresentano lo schema principale per stimolare gli interventi di elettrificazione e decarbonizzazione dell'industria, ma, oltre ad essere complesso e dunque non sempre attraente per le PMI (nonostante la possibilità di rivolgersi a una ESCO), non è molto efficace con le soluzioni più costose e ancora lontane dalla competitività. Vi sono due strumenti che potrebbero essere di aiuto. Il primo è il FER T, lo schema pensato per promuovere le rinnovabili termiche, che dovrebbe vedere la luce nel 2026. Il secondo sono le aste collegate ai certificati bianchi. Si tratta di uno schema previsto dal

D.M 21 maggio 2021, ma ad oggi non attivato. Potrebbe risultare molto efficace proprio per le soluzioni oggetto di questo studio.

Incentivi come i certificati bianchi offrono un supporto adeguato alle soluzioni più competitive e opzioni come le aste TEE e il FER T potrebbero aiutare con quelle più costose, ma entrambe non aiutano a superare la barriera finanziaria, in quanto l'incentivo viene erogato in un periodo che varia fra i 5 e i 10 anni a seconda della soluzione considerata. Fondi di garanzia rotativi e in conto esercizio, come Il Fondo nazionale efficienza energetica che andrebbe opportunamente revisionato, potrebbero consentire di superare anche questa barriera.

Si ricorda anche la possibilità di introdurre contratti per differenze sul carbonio⁶, ispirati ai contratti di copertura del rischio del settore finanziario. Essi mitigano i rischi di prezzo (ETS, energia, etc.), ovvero la fluttuazione dei costi operativi dell'impianto a basse emissioni rispetto a quello convenzionale. Quando i costi dell'impianto a basse emissioni diventano minori di quelli dell'impianto convenzionale il flusso dei pagamenti si inverte e l'impresa versa fino a restituire quanto precedentemente ricevuto.

È inoltre importante poter contare su meccanismi che supportino adeguatamente ricerca, sviluppo e trasferimento tecnologico, in quanto la possibilità di successo delle soluzioni di elettrificazione è legata alla capacità crescente di operare a temperature più elevate con efficienza adeguata.

⁶ Esempio lo schema Klimaschutzverträge iniziato nel 2024 in Germania. www.klimaschutzvertraege.info

CONSIDERAZIONI FINALI

Per concludere, riportiamo un estratto delle principali considerazioni emerse dal confronto diretto con gli operatori della filiera, che riflettono in modo condiviso tra i diversi soggetti i temi chiave affrontati nel corso dell'indagine.

Aspetto economico: il principale ostacolo agli investimenti in tecnologie per la decarbonizzazione dei consumi termici industriali è il tempo di ritorno troppo lungo, soprattutto in un contesto economico incerto. In alcuni casi, dove l'impresa appartiene a gruppi multinazionali o la spinta del brand è forte, se la sola convenienza economica non basta a giustificare l'intervento le scelte di investire vengono motivate anche da altri fattori, come obiettivi di sostenibilità, l'accesso a quote gratuite di CO₂ oppure aspetti legati alla spinta della clientela di un marchio.

Calmierare il costo dell'energia elettrica e favorire la stipula di contratti di lungo termine per l'approvvigionamento green migliorerebbe in maniera sensibile gli indicatori economici e favorirebbe l'interesse delle imprese e degli investitori.

Aspetto tecnologico: dal punto di vista tecnologico, l'elettificazione dei consumi termici non presenta ostacoli significativi. Laddove non sia fattibile adottare tecnologie di elettificazione, oggi è possibile ricorrere all'acquisto di energia elettrica rinnovabile dalla rete, anche tramite contratti di lungo termine (esempio PPA).

Tuttavia, emergono due principali criticità che ne ostacolano la diffusione su larga scala:

- il costo dell'elettricità, che risulta ancora significativamente più elevato rispetto al gas naturale, rendendo meno conveniente l'investimento;
- i limiti infrastrutturali, legati sia all'insufficiente capacità della rete, in alcune aree, di far fronte a un aumento della potenza richiesta, sia ai tempi per l'allaccio alla rete diventati in molti casi eccessivamente lunghi.

Policy ed incentivi: la mancanza di un quadro incentivante stabile e chiaro nel medio-lungo periodo ostacola fortemente le imprese nel pianificare investimenti e costruire business plan solidi. Risulta doveroso sottolineare la necessità di strumenti economici e finanziari adeguati a sostenere questo tipo di investimenti e di procedure più semplici e snelle, capaci di ridurre tempi, costi. A schemi funzionali, come i certificati bianchi, andrebbero affiancati meccanismi capaci di stimolare efficacemente le soluzioni più costose (e.g. le aste per i TEE rimaste ad oggi solo una possibilità, o il FER T) e strumenti in grado di offrire un supporto finanziario (e.g. la revisione del Fondo nazionale per l'efficienza energetica).

Aspetto culturale: in molti casi la decisione finale spetta all'imprenditore, il quale tende a considerare l'efficienza energetica non come un obiettivo primario, ma come un beneficio secondario legato ad altri interventi impiantistici già previsti o necessari. Quindi la transizione energetica viene spesso percepita come un'opportunità accessoria, più che come una leva strategica da integrare fin dall'inizio nei processi decisionali. Risulta dunque fondamentale investire in azioni di informazione e formazione sia lato impresa, sia lato fornitori e operatori di settore.

SOGGETTI COINVOLTI NELLE INTERVISTE

Franco Asuni	White Energy Group
Riccardo Bani	Veos Group
Marco Baresi	Turboden - Euro Heat & Power
Matteo Becheri	L.A.I.P. srl
Antonio Beneduce	Tecno Group
Alessandro Bertoglio	Assocarta
Pier Lorenzo Bowen	Pozzi Leopoldo srl
Alessandro Brizzi	Renovis
Andrea Canetti	Confindustria Ceramica
Giacomo Cantarella	ASSOESCO
Celestina Coccia	Federalimentare
Marco Dall'Ombra	ASSOCLIMA
Carlo Favalli	Getec Italia
Mirko Ferrari	Turboden - ORC
Paolo Mario Finzi	CEC Srl
Alessio Frigerio	Energy Saving
Jacques Gandini	ANICA
Diego Garrone	A2A Energy Solutions Srl
Giuseppe Giannotti	Enipower S.p.A.
Roberto Lanzani	Assofond
Giulio Lolli	Magaldi Green Energy
Chiara Magnani	ENERGIKA SRL
Saverio Magni	Energynet srl SB
Marco Mainini	Consorzio San Giulio
Lars Martinussen	Kyoto Group - Tech

Federica Mossa	Gruppo SGR
Federico Musazzi	ANIMA
Nikolai Ostrat Owe	Kyoto Group - Regulatory
Ettore Piantoni	Libero professionista
Marco Ravasi	Assovetro
Davide Rizzi	Turboden - PdC
Michele Santato	Thor Energia
Jozefien Vanbecelaere	European Heat Pump Association

Tabella 6 - Nome, cognome e organizzazione dei soggetti coinvolti nelle interviste

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISPRA, «Efficiency and decarbonization indicators in Italy and in the biggest European Countries», 2024.
- [2] Eurelectric, «Power Barometer», 2024
- [3] MASE, «Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)», 2024
- [4] Agora Industry, «Direct electrification of industrial process heat», 2024.
- [5] IEA, «The Future of Heat Pumps», 2022
- [6] European Commission, JRC, «Clean Energy Technology Observatory: Heat Pumps in the European Union - 2024 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets», 2024
- [7] Confindustria, «Scenari e valutazioni di impatto economico degli obiettivi *Fit for 55* per l'Italia», 2023
- [8] SEAI, «Ireland's Sustainable Energy Supply Chain Opportunities», 2025
- [9] FIRE in collaboration with IEECP (sponsored by ENEL), «Powering our buildings: how policies can support energy efficiency through building electrification», 2022
- [10] ENEL Foundation, «Reviving Europe's Industrial Power: How to boost competitiveness through energy», 2024
- [11] Eurelectric, «Power Barometer», 2025
- [12] Eurelectric, Accenture «The new industrial age: tailored electrification pathways for Europe's industrial competitiveness», 2024
- [13] European Commission, EU Reference Scenario 2020 Energy, transport and GHG emissions - Trends to 2050 (2021)
- [14] Research and Markets, «Industrial Heat Pump Market: Market Size, Trends, Opportunities and Forecast By End-Use Industry, Capacity, System, Region, By Country: 2020-2030», 2025
- [15] ECCO Climate, «Il Clean Industrial Deal rende l'Europa più competitiva? », 2025
- [16] Rosenow, Oxenaar, Pusceddu (RAP), «Some like it hot: Moving industrial electrification from potential to practice», 2024
- [17] IEA «Renewables for Industry: Electrification of low-temperature heat and steam», 2025