



RENEWABLE ENERGY
ENERGY EFFICIENCY
HYDROGEN INNOVATION
SMART MOBILITY
ZERO CARBON POLICY AGENDA
ELECTRICITY MARKET
CIRCULAR ECONOMY

ZERO CARBON TECHNOLOGY PATHWAYS

DIGITALIZATION & DECARBONIZATION
BIOMETANO



REPORT

20

24

ZERO CARBON TECHNOLOGY PATHWAYS REPORT 2024

Gli approcci alla
decarbonizzazione nei settori
«hard-to-abate»:
il trasporto pesante e la
produzione di cemento

POLIMI SCHOOL OF
MANAGEMENT



Presentazione



In un mondo sostenibile e decarbonizzato la gestione innovativa dell'energia e della sostenibilità rappresentano le principali leve strategiche per la crescita e il benessere di imprese, istituzioni e cittadini.

Energy & Strategy supporta imprese, istituzioni e policy maker ad identificare le leve tecnologiche e strategiche in grado di trasformare le imprese in attori protagonisti della transizione ecologica attraverso un'estensiva attività di ricerca applicata e di consulenza strategica e manageriale.

Partner

alperia

cdp 

CGT
A TESVA COMPANY

 **EDISON**

eni 

epq 

GENERA
GROUP

 **GETEC**

G T  S.P.A.

 **Heidelberg
Materials**


ICOPOWER
Beyond Energy & Gas TECHNOLOGIES

K2-CO2
Your key to decarbonization

 **MAIRE**

 **MARCEGAGLIA**

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

MOVYON
Tech the Future

 **Terna**

Trigenia 

VOLVO

Team di progetto

TEAM DI PROGETTO

Davide Chiaroni
Responsabile della ricerca

Francesco Dalpasso
Project Manager

Valentina Bertoli
Analyst

Riccardo Di Bartolomeo
Analyst

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Flávia Chornobai

Arianna Fietta

Nicolás Peña

BOARD DI E&S

Vittorio Chiesa

Davide Chiaroni

Federico Frattini

Josip Kotlar

Gli approcci alla decarbonizzazione nei settori «hard-to-abate» :



le emissioni tra 1990 - 2023

Italia	-27%
Europa	-36%



1.

L'andamento delle emissioni: i trend nel contesto globale, europeo e italiano



Mentre a livello globale le emissioni di gas serra sono crescenti

Il quadro **normativo regolatorio:** i principali riferimenti

2.

Riduzione delle emissioni prevista dal nuovo EU ETS:

-62%

entro il 2030*

+ EU ETS 2

+ CBAM

*rispetto ai livelli del 2005

FOCUS:

3.

La decarbonizzazione degli HDV (Heavy Duty Vehicles): opportunità e costi



bioenergie



elettrico

TCO

ad oggi la soluzione più competitiva è rappresentata dai biocarburanti

FOCUS:

4.

Le soluzioni per la decarbonizzazione di un settore «very hard-to-abate»

la cattura della CO₂

è essenziale per decarbonizzare il cemento, ma rappresenta una soluzione ancora economicamente insostenibile

€

+150-230%

costo di produzione del cemento



OSSERVATORIO
ZERO CARBON TECHNOLOGY PATHWAYS

Indice

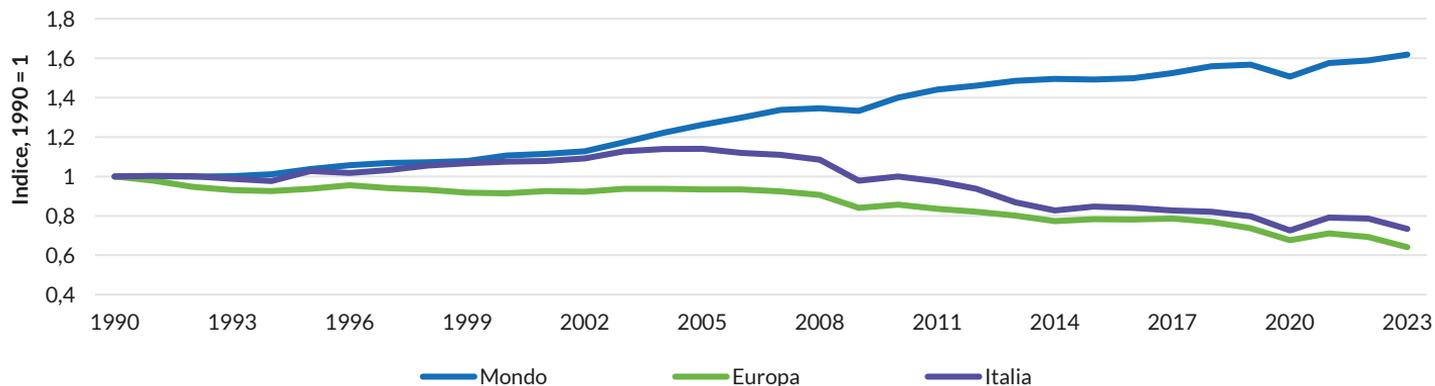
	Executive Summary	12
1	L'andamento delle emissioni nei settori «hard-to-abate» I trend nel contesto globale, europeo e italiano	26
2	Il quadro normativo regolatorio I principali riferimenti per i settori «hard-to-abate»	36
3	FOCUS: il trasporto merci su strada La decarbonizzazione degli HDV: opportunità e costi	48
4	FOCUS: cemento Le soluzioni per la decarbonizzazione di un settore «very hard-to-abate»	76
5	Il supporto alla decarbonizzazione per i settori «hard-to-abate» Strumenti di finanziamento e raccomandazioni di policy	112
6	Imprese Partner	124

Executive Summary

L'andamento delle emissioni e la sfida per la decarbonizzazione degli «hard-to-abate»

La sfida per la decarbonizzazione è ben lungi dall'essere vinta. **A livello globale, nonostante gli sforzi messi in atto, la quantità di emissioni continua – anche se a tassi di crescita via via minori – ad aumentare. L'Europa – e l'Italia per certi versi – sembrano invece avere trovato la ricetta corretta, facendo segnare un calo (anche questo ormai in essere da diversi anni) rispetto ai valori del 1990.**

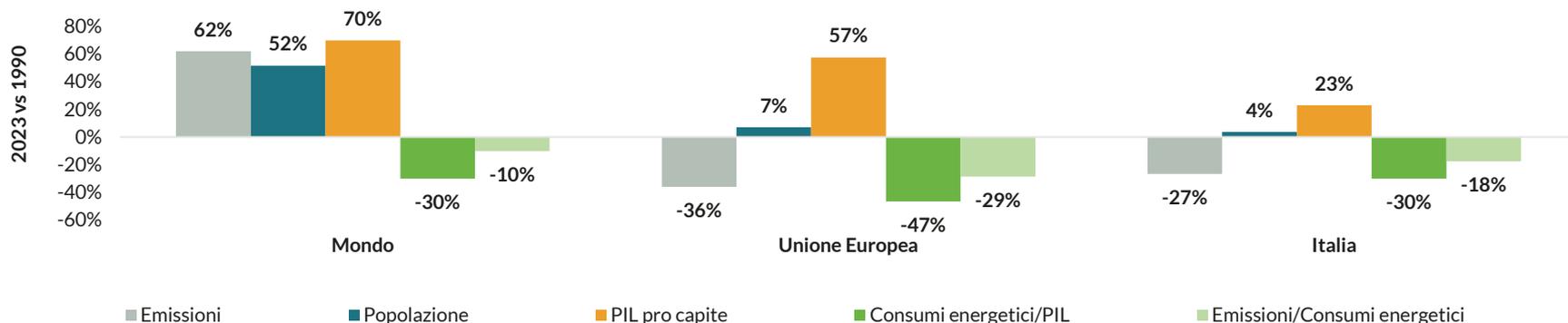
Emissioni di gas serra, 1990-2023



Rispetto ai livelli del 1990 le emissioni di gas serra in Italia sono però calate solo del 27% (dato rilevato alla fine del 2023) contro il -36% fatto registrare nello stesso periodo dall'intera Unione Europea. Il gap è ancora più significativo se si considera che nello stesso periodo il PIL pro capite europeo è cresciuto del 57% contro il 23% del nostro Paese.

Nonostante questo ritardo è evidente come il risultato ottenuto sia stato il frutto da un lato dell'efficientamento energetico (con il rapporto consumi/PIL che si è ridotto del 30%) e dall'altro della diffusione delle rinnovabili (con il rapporto emissioni/consumi che si è ridotto del 18%), indicando che comunque il percorso intrapreso è quello corretto.

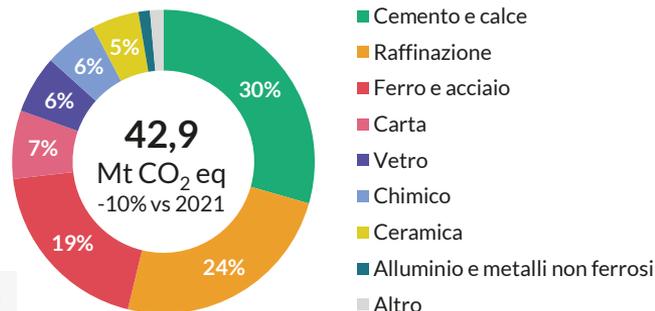
Driver della variazione di emissioni, 2023-1990



In questo contesto, i **settori «hard-to-abate»** rappresentano una **sfida ancora più complessa per il percorso di decarbonizzazione**: per questi settori, caratterizzati da vincoli tecnologici o operativi che ne riducono il potenziale di elettrificazione e da emissioni di processo non evitabili, l'efficacia dell'efficiamento energetico e dell'adozione di fonti rinnovabili è limitata, rendendo spesso necessari investimenti in tecnologie *ad hoc* per decarbonizzare i prodotti e i servizi.

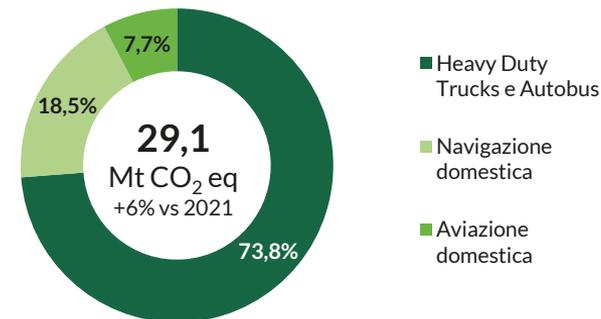
Considerando le emissioni monitorate nell'ambito del meccanismo EU ETS, i **settori industriali hard-to-abate sono stati responsabili dell'11% delle emissioni italiane nel 2023 (il 13% a livello europeo)**, mentre il **trasporto hard-to-abate (i.e., trasporto pesante su strada, trasporto aereo e trasporto marittimo) dell'8%**, con un «peso» identico a quanto accade a livello europeo.

Emissioni dei settori industriali hard-to-abate in Italia, 2023



11% delle emissioni totali in Italia

Emissioni di gas serra attribuibili al trasporto hard-to-abate in Italia, 2023



8% delle emissioni totali in Italia

È evidente quindi che **senza intaccare in maniera decisa le emissioni di questi settori è impossibile avvicinare i target di riduzione che l'Unione Europea si è data al 2030, ed ovviamente al 2050.**

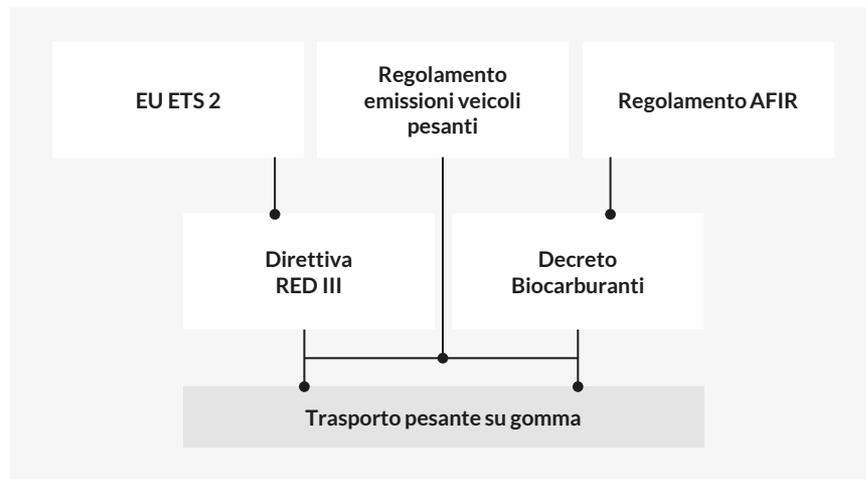
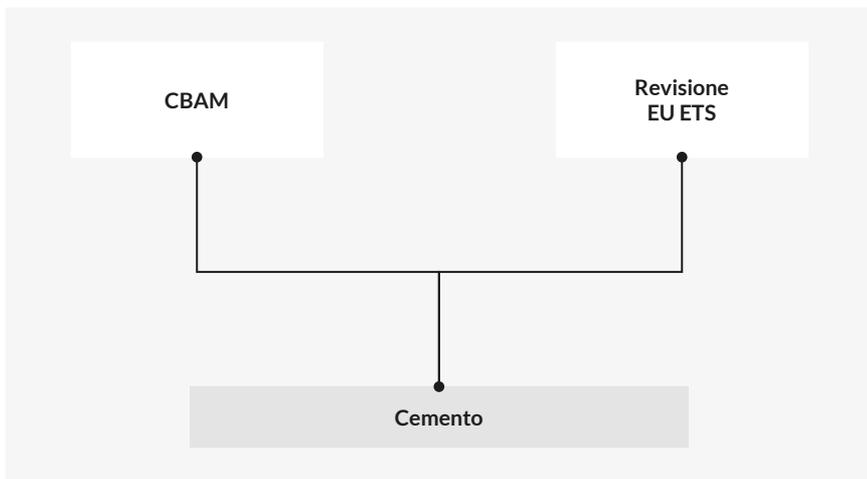
Il quadro normativo regolatorio si è mosso in questo senso rendendo recentemente più stringenti gli obblighi che riguardano questi settori.

La revisione del sistema EU ETS, ha fissato target di riduzione delle emissioni più stringenti (da -43% a -62% rispetto al 2005) ed è stato introdotto il sistema ETS 2, che copre le emissioni prodotte dalla combustione di carburanti nei settori del trasporto e residenziale. A questo quadro regolatorio rafforzato, si aggiungono, per il trasporto hard-to-abate, il nuovo Regolamento sulle emissioni dei

mezzi pesanti e gli obiettivi sull'uso di energia da fonti rinnovabili imposti dalla RED III e dal Decreto Biocarburanti in Italia. In parallelo, il progressivo *phase in* del CBAM e la conseguente riduzione delle quote di emissioni assegnate gratuitamente impongono agli operatori un decisivo cambio di passo per raggiungere i sempre più sfidanti target di decarbonizzazione previsti.

La panoramica normativa evidenzia inoltre come, **tra i settori hard-to-abate, quello del cemento e quello del trasporto pesante su gomma saranno indubbiamente tra i maggiormente impattati dall'evoluzione del quadro regolatorio nei prossimi anni.**

L'analisi verticale su questi due settori è il focus del presente Rapporto.



Il trasporto merci su strada: la decarbonizzazione degli HDV

Le soluzioni per la decarbonizzazione del trasporto merci tramite heavy-duty vehicles (HDV) possono essere suddivise in **due macrocategorie**: **uso di carburanti sostenibili che alimentano truck «convenzionali»**, ossia dotati di un normale motore a combustione interna, e **adozione di veicoli a trazione elettrica**.



Carburanti sostenibili

Biocarburanti

RFNBO⁽¹⁾

Idrogeno



Truck elettrici

Battery electric truck (BET o BEV)

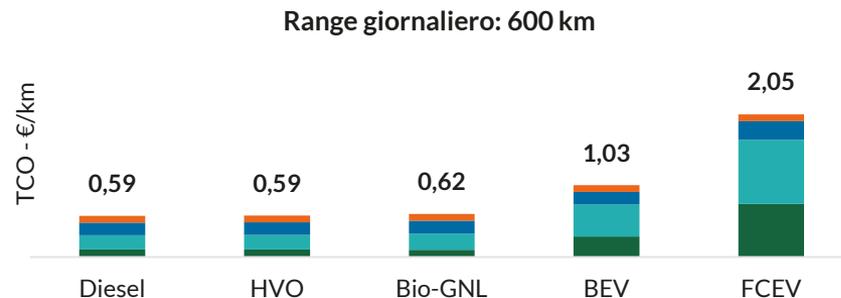
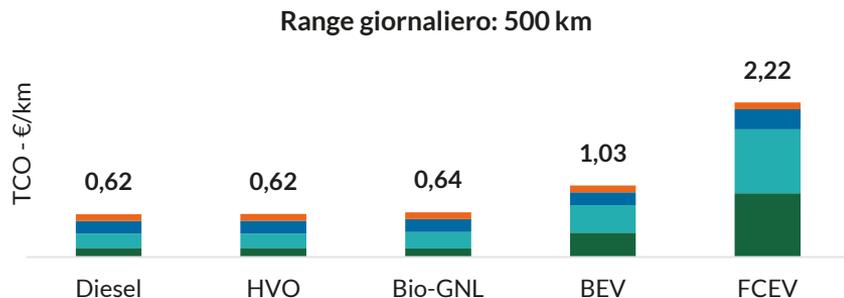
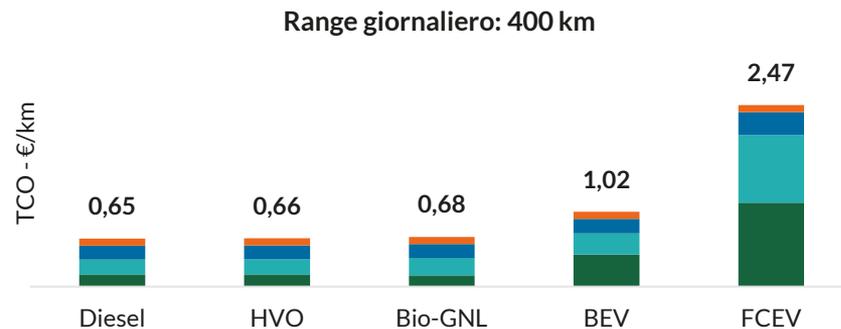
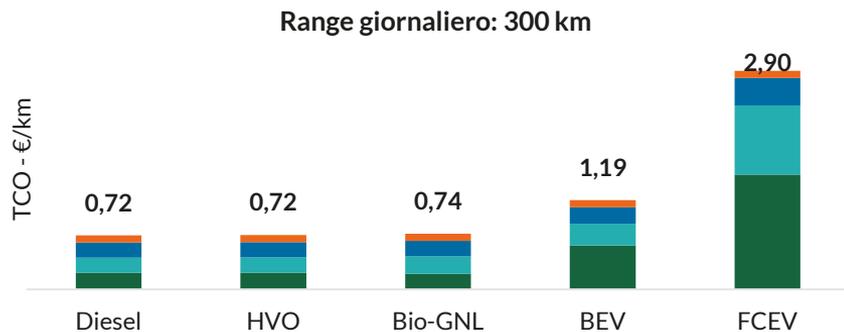
Fuel cell electric truck (FCET o FCEV)

Veicoli a catenaria

Nel rapporto è stato analizzato il **TCO (Total Cost of Ownership) per le diverse soluzioni sopra identificate**, avendo come riferimento per il «caso base» il truck alimentato a diesel fossile, che rappresenta di gran lunga il più diffuso sul mercato.

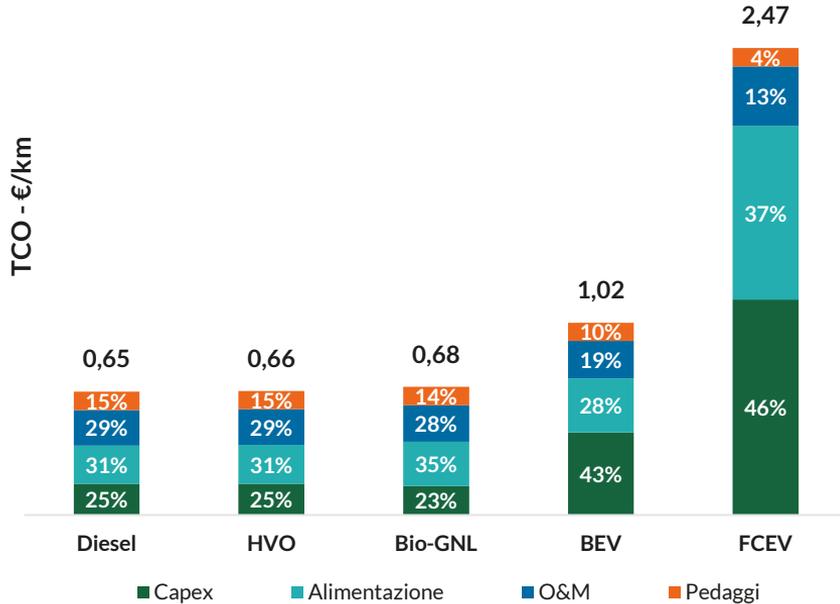
Se si prende ad esempio il caso di un truck che percorre giornalmente circa 400 km, il TCO di riferimento (diesel fossile) è di 0,65 €/km, che diventano 1,02 €/km per i veicoli elettrici (BEV) e addirittura 2,47 €/km per i veicoli ad idrogeno (FCEV). Le soluzioni HVO e BIO-GNL sono invece sostanzialmente comparabili al «caso base» (con una differenza compresa entro i 2 centesimi di €/km).

La distribuzione delle soluzioni sostanzialmente non cambia anche se si considerano diversi range giornalieri con una amplificazione delle differenze che è inversamente proporzionale all'aumento della percorrenza, come rappresentato nel grafico qui di seguito.



■ Capex
 ■ Alimentazione
 ■ O&M
 ■ Pedaggi

Range giornaliero: 400 km



Il grafico riportato, che analizza il TCO al variare della percorrenza giornaliera, mostra come sul costo chilometrico dei mezzi a trazione elettrica impatti notevolmente il capex. Infatti, nel caso di una percorrenza pari a 400 km/giorno, l'acquisizione del veicolo BEV conta per il 43% del totale e quella del veicolo FCEV per il 46%, contro un peso pari a circa il 20-25% nel caso delle tecnologie tradizionali. Quando la percorrenza sale a 600 km/giorno, il peso del capex per le trazioni elettriche scende a 28% e 37% per BEV e FCEV rispettivamente, ancora molto superiore rispetto al 17-19% dei truck alimentati a carburanti sostenibili.

Altri due elementi, relativi al carburante, sono di particolare interesse: (i) si nota una crescita del TCO del veicolo BEV superata la soglia dei 400 km/giorno, dovuta alla necessità di ricorrere a infrastrutture di ricarica pubblica, più costosa rispetto alla ricarica privata in deposito (ii) l'impatto notevole del costo del carburante per il veicolo FCEV, dovuto all'uso di idrogeno verde, il cui costo di produzione resta piuttosto elevato.

La situazione cambierebbe con l'implementazione di opportune **policy ad-hoc** per il sostegno di veicoli a zero emissioni. Il Rapporto ha considerato l'impatto sul TCO del meccanismo ETS 2, che porterà ad un aumento del costo del carburante tradizionale del 10-15%, e di una eventuale rimozione dei pedaggi autostradali per i veicoli a zero emissioni. Inoltre, è stato modellizzato un prezzo dei biocarburanti superiore a quello attuale, in modo da rifletterne il valore. Con queste assunzioni, l'analisi mostra che **il veicolo BEV potrebbe raggiungere già oggi la parità di costo con il veicolo alimentato ad HVO**, anche se l'elevato capex del mezzo resterebbe una barriera significativa alla diffusione di truck elettrici.

La «distanza» misurata sul TCO è tuttavia **ben poca cosa se si considera la «distanza» misurata sul mercato**. Nel nostro Paese, la **quota di mercato delle alimentazioni alternative sulle immatricolazioni totali è del tutto marginale (2% nel 2023)** e la quasi totalità del parco circolante di HDV è costituito da veicoli a diesel.

Sono tante, infatti, le barriere che rallentano o impediscono la diffusione di truck alternativi, e in particolare di truck a zero emissioni, nel nostro Paese: l'incertezza normativa, il costo di acquisizione dei mezzi, la mancanza di meccanismi di incentivazione adeguati, le carenze a livello infrastrutturale e, non da ultimo, l'assenza di domanda di mercato per un trasporto «green» frenano l'adozione di mezzi sostenibili da parte degli operatori.

Per rendere l'idea dell'impatto economico di tale «distanza» si tenga conto che, assumendo una quota di vendite di HDV elettrici pari al 50% delle immatricolazioni totali al 2030, in linea con i target europei e le dichiarazioni degli OEM, **saranno necessari 1,7 miliardi di € di investimenti aggiuntivi (rispetto all'acquisto di veicoli diesel).**

Il cemento: la riduzione delle emissioni in un settore «very hard-to-abate»

Le emissioni di CO₂ lungo il processo produttivo del cemento possono essere suddivise in **emissioni dirette**, ossia attribuibili principalmente **alla produzione del clinker**, dovute alla reazione di **calcinazione (emissioni di processo, che rappresentano il 48% del totale)** e alla **combustione di combustibili (25% del totale)**; ed **emissioni indirette**, attribuibili all'approvvigionamento di **materie prime (23%)** e al consumo di **energia elettrica (4%)**. La fase di produzione del **clinker è quindi responsabile del 73% delle emissioni totali di CO₂** causate dalla produzione del cemento.

Ad oggi, sono diverse le **leve di decarbonizzazione** che consentono di **ridurre le emissioni dirette** dovute alla produzione di cemento: (i) **efficienza di processo**, l'adozione di *Best Available Technologies* per la cottura del clinker consente di ottimizzare i consumi di energia termica, riducendo le emissioni legate alla combustione; (ii) **sostituzione delle materie prime in input**, la quota maggiore delle emissioni per la produzione del cemento è legata alla produzione di clinker. La riduzione del contenuto di calcare nel clinker e di clinker nel cemento comporta quindi una riduzione delle emissioni; (iii) **uso**

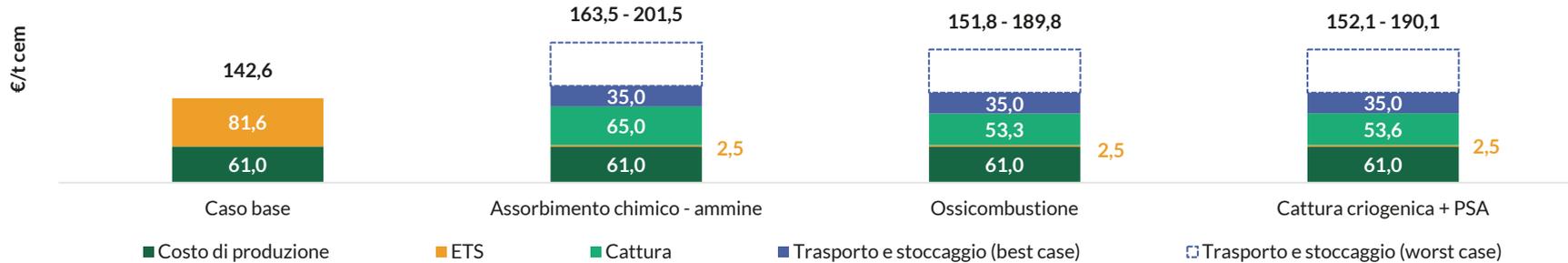
di combustibili alternativi, la generazione di calore di processo tramite la combustione di combustibili a minore impatto ambientale non richiede modifiche significative agli impianti; (iv) **carbon capture**, la cattura della CO₂ è una leva fondamentale per le emissioni non evitabili dovute alla reazione di calcinazione.

Di queste soluzioni, tuttavia, considerando le specificità viste prima per il processo, la cattura della CO₂ è assolutamente imprescindibile.

L'analisi svolta all'interno del Rapporto ha modellizzato l'impatto economico di diverse tecnologie di cattura sul costo di produzione del cemento, mostrando come, ad oggi, la CCS non può essere economicamente sostenibile se non adeguatamente supportata.

Infatti, la somma dei capex e degli opex relativi all'impianto di cattura, a cui si aggiungono i costi del trasporto e dello stoccaggio della CO₂ catturata, comporterebbero un aumento del costo di produzione del cemento nell'ordine del 150-230% rispetto al valore medio attuale.

Extra costo del cemento dovuto alla CCS



Se si guarda al grafico, che illustra più nel dettaglio l'analisi dell'impatto del costo della CO₂ sul costo di produzione del cemento, si nota come in assenza di impianti di cattura un produttore di cemento si ritroverebbe a dover fronteggiare costi aggiuntivi, dovuti alle quote di emissione del meccanismo EU ETS, pari a circa 82 €/t cemento, rispetto a una media attuale dei costi di produzione pari a circa 61 €/t (+130%). Il costo aggiuntivo in caso di cattura e stoccaggio della CO₂, come si è visto, porta a un incremento dei costi di produzione più elevato (+150-230%), con un

peso notevole dovuto alle fasi di trasporto e stoccaggio, che sono anche estremamente variabili. Anche escludendo le fasi di trasporto e stoccaggio, immaginando per esempio incentivi a copertura delle fasi di gestione della CO₂ «a valle» della produzione del cemento, si evidenzia come la cattura ponga seri dubbi sulla sostenibilità economica dell'abbattimento delle emissioni, visti gli impatti che essa avrebbe sul prezzo finale del prodotto e di conseguenza sulla domanda di mercato.

Analogamente a quanto visto per i trasporti, **si è poi presa in esame la «distanza» tra le soluzioni identificate e quello che effettivamente accade sul mercato.** Nel caso del cemento la situazione è ancora più semplice da caratterizzare poiché – **a meno di progettualità che però ad oggi sono ancora «sulla carta» – non vi sono soluzioni di cattura di CO₂ attive nel nostro Paese.**

Le barriere riconosciute dagli operatori del settore sono infatti innumerevoli, prima fra tutte il costo elevatissimo della CCS e la mancanza di meccanismi a supporto degli operatori riconosciuti come adeguati, che discende a sua volta dall'assenza di un quadro strategico relativo alla CCS in Italia. Anche il CBAM, che dovrebbe accelerare la transizione verso un'industria del cemento decarbonizzata, non viene percepito come misura realmente efficace a protezione della competitività degli operatori europei.

Per rendere ancora una volta l'idea dell'impatto economico di tale «distanza» si tenga conto che, **al 2050 saranno necessari tra i 3,6 e i 6,8 miliardi di € di investimenti per l'installazione degli impianti di sola cattura di CO₂,** senza considerare lo sviluppo dell'infrastruttura di trasporto e stoccaggio.

Verso una nuova policy per i settori «hard-to-abate»

La «distanza» messa in luce per i due settori oggetto di approfondimento nel presente Rapporto tra le soluzioni potenzialmente disponibili per la decarbonizzazione e la loro reale diffusione sul mercato, ed il conseguente calcolo delle risorse teoricamente necessarie per supportarle, mette in luce come – a livello europeo, e non solo italiano – sia **necessario un deciso cambio di passo per supportare la decarbonizzazione dei settori hard-to-abate.**

Gli strumenti in campo, sebbene logicamente coerenti, sono infatti largamente insufficienti in quanto a risorse disponibili.

È il caso, ad esempio, dell'**European Innovation Fund**, il principale programma dell'Unione Europea per promuovere lo sviluppo e l'adozione di tecnologie e processi innovativi per la decarbonizzazione dell'industria europea. A ottobre 2024, il fondo aveva destinato ai Paesi europei 7,42 miliardi di € di finanziamenti, di cui il 54% per i settori industriali hard-to-abate. **Se si guarda ai progetti finanziati in Italia, tuttavia, si nota che solo il 2% dei fondi europei sono associati a progetti sviluppati nel nostro Paese,**

contro il 12% per la Germania, l'11% per la Spagna e il 7% per la Francia.

Un semplice confronto tra i 164 milioni di € a supporto di progetti italiani e i 3,6-6,8 miliardi di € necessari per la sola cattura di CO₂ nel solo settore del cemento sono un sintomo della limitatezza del fondo, oltre che delle difficoltà riscontrate dagli operatori nel nostro Paese nel partecipare efficacemente ai bandi.

Anche per quanto riguarda **il trasporto pesante su gomma,** si evidenzia come lo strumento di incentivazione principale per promuovere la decarbonizzazione sia l'obbligo, con l'imposizione di target nel breve, medio e lungo termine, che tuttavia non si riflettono in adeguati meccanismi di supporto a livello nazionale. Basti pensare che nel nostro Paese, **l'inventivo «Camion Green» mette a disposizione per l'acquisto di truck sostenibili 25 milioni di € nel 2024, mentre le analisi presentate nel Rapporto mostrano che nel 2025 gli operatori dovrebbero investire 50 milioni di € in più rispetto all'acquisto di mezzi diesel per essere in linea con i target, fino a raggiungere i già citati 1,7 miliardi cumulati al 2030.**

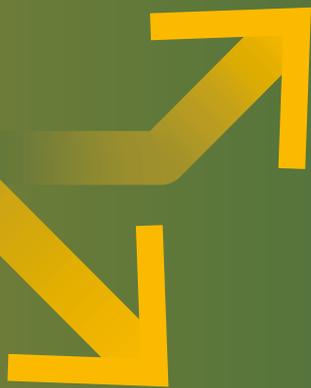


L'andamento delle emissioni nei settori «hard-to-abate»

I trend nel contesto globale, europeo e italiano

CAP.

01



Messaggi chiave

Le emissioni europee e italiane sono in calo grazie a efficienza e rinnovabili

Mentre a livello globale il trend delle emissioni di gas serra è crescente, **in Europa e in Italia le emissioni** tra il 1990 e il 2023 sono **calate del 36% e 27%**, rispettivamente.

I principali driver della riduzione di emissioni nel continente europeo e nel nostro Paese sono **l'aumento dell'efficienza energetica** e la **riduzione dell'impronta carbonica dell'energia** legata al crescente sfruttamento di fonti di energia rinnovabile e alla sempre maggiore penetrazione del vettore elettrico nei consumi di energia.

Rimane la sfida della decarbonizzazione dei settori «hard-to-abate»

I settori cosiddetti **hard-to-abate**, caratterizzati da uno **scarso potenziale di elettrificazione** a causa di vincoli tecnologici e operativi, e da **emissioni di processo non evitabili**, rimangono una **sfida per il percorso di decarbonizzazione**.

Al fine di raggiungere gli obiettivi *net zero* al 2050 anche in tali settori si rende necessaria **l'adozione di nuove tecnologie**, come ad esempio la **cattura della CO₂** nei settori industriali o **l'elettrificazione e l'uso di biocarburanti** per il trasporto merci su strada.

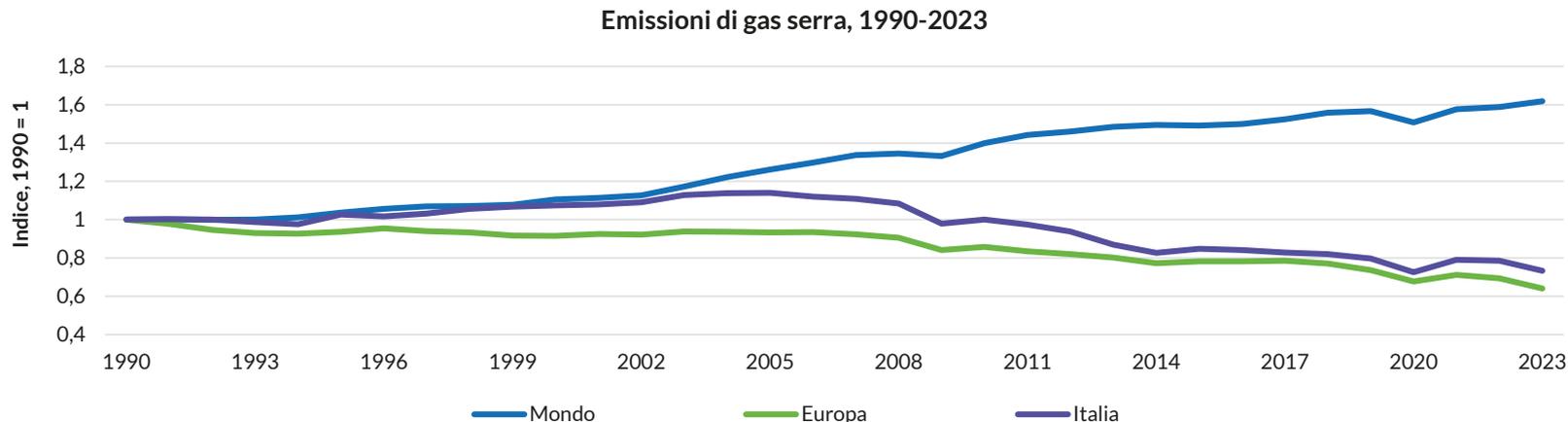
Le emissioni di gas a effetto serra

L'andamento delle emissioni tra 1990 e 2023

A livello globale, le emissioni di gas a effetto serra sono in costante crescita: tra il 1990 e il 2023 le emissioni sono cresciute da 32,7 a 53 Gt di CO₂ equivalente, con un incremento del 62%.

Per contro, in Europa si assiste a un trend decrescente. In particolare, le emissioni di gas serra attribuibili all'Unione

Europea sono scese da 4.867,2 Mt di CO₂ equivalente nel 1990 a 3.118,6 Mt di CO₂ equivalente nel 2023 (-36%), mentre le emissioni in Italia sono calate in maniera meno significativa, passando da 522,4 a 383,2 Mt di CO₂ equivalente (-27%) tra 1990 e 2023.



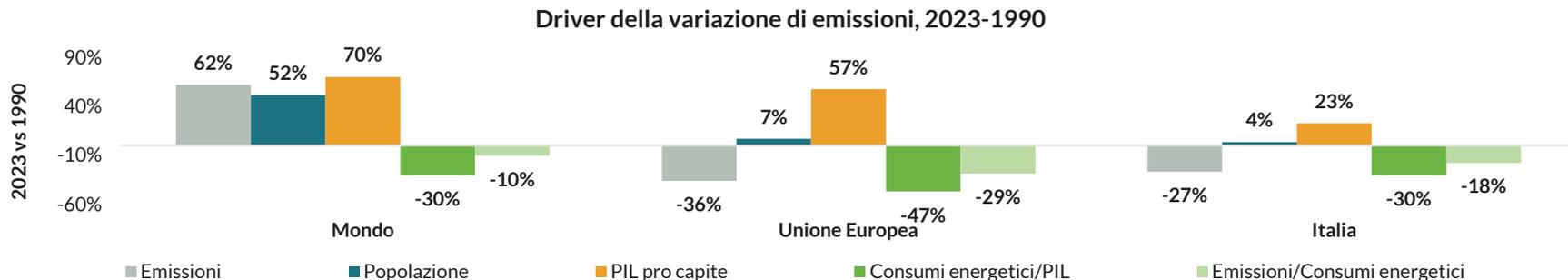
Fonte: rielaborazione Energy & Strategy su dati EEA e Commissione Europea - EDGAR.

I driver delle emissioni di gas a effetto serra

Analisi delle emissioni tramite l'identità di Kaya

Analizzando l'andamento delle emissioni tramite l'identità di Kaya⁽¹⁾ si evidenzia che la crescita delle emissioni a livello globale è stata causata principalmente dalla crescita della popolazione e dall'aumento della ricchezza, solo parzialmente compensate dalla riduzione dei consumi energetici per unità di PIL. In Europa e, in misura lievemente inferiore, in Italia, invece, la riduzione delle emissioni è stata determinata da un'intensità energetica dell'economia decrescente (i.e., da un miglioramento dell'efficienza energetica) e dalla riduzione dell'impronta carbonica del mix energetico.

In questo contesto, i settori **hard-to-abate** rappresentano una **sfida per il percorso di decarbonizzazione**: per questi settori, caratterizzati da **vincoli tecnologici o operativi** che ne **riducono il potenziale di elettrificazione** e da **emissioni di processo non evitabili**, l'efficacia dell'efficientamento energetico e dell'adozione di fonti rinnovabili è limitata, rendendo spesso necessarie tecnologie *ad hoc*.



(1) L'identità, proposta dall'economista Yoichi Kaya, consente di individuare i driver fondamentali delle emissioni di gas serra (GHG), tramite la relazione $GHG = Popolazione \times PIL/Popolazione \times Consumi\ energetici/PIL \times GHG/Consumi\ energetici$. Fonte: rielaborazione Energy & Strategy su dati EEA, Commissione Europea, World Bank e Energy Institute.

Le emissioni «hard-to-abate» in Europa

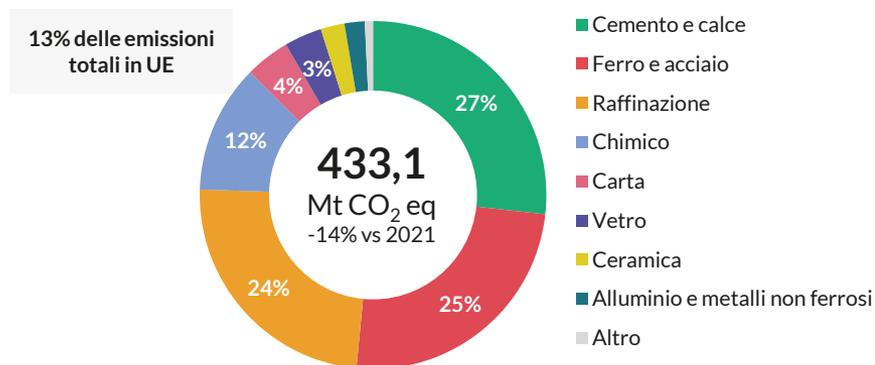
Settori industriali soggetti al meccanismo EU ETS e trasporto «hard-to-abate»

Nel 2023, le emissioni di gas serra in Europa attribuibili ai **settori industriali hard-to-abate monitorate nell'ambito del meccanismo EU ETS⁽¹⁾** sono state pari a **433 Mt di CO₂ equivalente (-14% rispetto al 2021)**, contribuendo al **13% delle emissioni totali dell'Unione (-1% vs 2021)**. Il settore con l'impatto emissivo maggiore è quello del **cemento e calce (27% del totale)**. Il trasporto hard-to-abate ha invece prodotto **238,9 Mt di CO₂ equivalente (+1% vs 2021)**, contribuendo all'**8% delle emissioni totali dell'Unione (+1% vs 2021)**. La maggior parte delle emissioni (87,6%) è causata dal **trasporto hard-to-abate su strada, rappresentato dai veicoli heavy-duty come truck e autobus**.

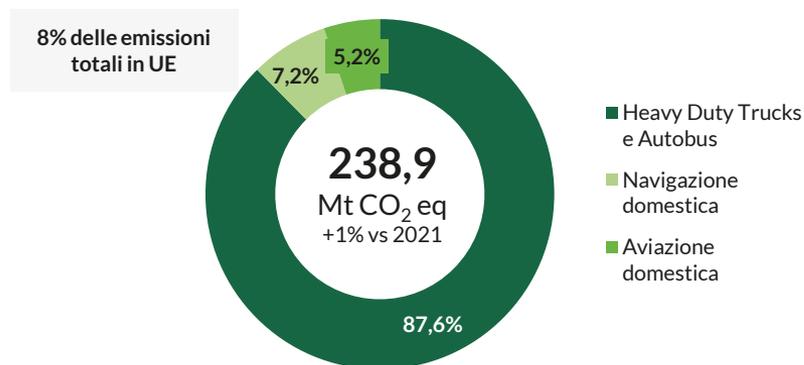
(1) Le emissioni monitorate nell'ambito del meccanismo EU ETS non rappresentano la totalità delle emissioni di tali settori.

Fonte: European Environmental Agency, dati EU ETS.

Emissioni dei settori industriali hard-to-abate in Unione Europea, 2023



Emissioni di gas serra attribuibili al trasporto hard-to-abate in Europa, 2023



Le emissioni «hard-to-abate» in Italia

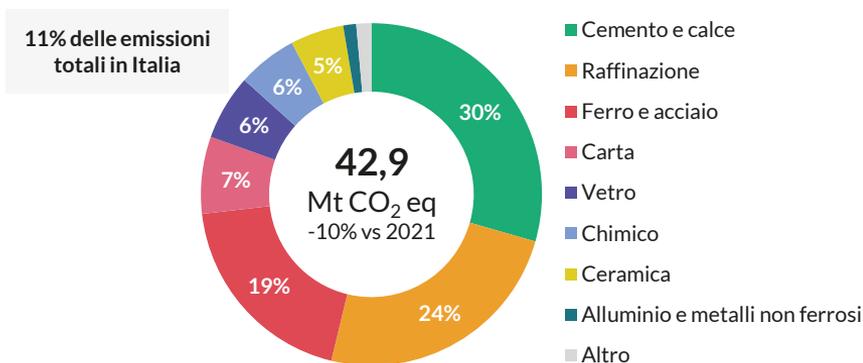
Settori industriali soggetti al meccanismo EU ETS e trasporto «hard-to-abate»

Nel 2023, le emissioni di gas serra italiane attribuibili ai **settori industriali hard-to-abate monitorate nell'ambito del meccanismo EU ETS⁽¹⁾** sono state pari a **42,9 Mt di CO₂ equivalente** (-10% rispetto a 2021), contribuendo all'**11% delle emissioni totali** del Paese (-1% rispetto a 2021). Il settore con l'impatto emissivo maggiore è quello del **cemento e calce (30% del totale)**. Per quanto riguarda le emissioni attribuibili al trasporto hard-to-abate sono state pari a **29,1 Mt di CO₂ equivalente** (+6% vs 2021) contribuendo al **7,6% delle emissioni totali del Paese** (+1% vs 2021). La maggior parte delle emissioni è causata dai **veicoli heavy-duty come truck e autobus (73,8% del totale)**.

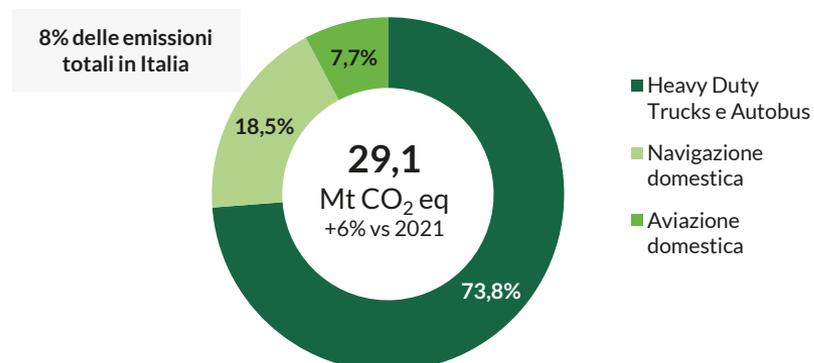
(1) Le emissioni monitorate nell'ambito del meccanismo EU ETS non rappresentano la totalità delle emissioni di tali settori.

Fonte: European Environmental Agency, dati EU ETS.

Emissioni dei settori industriali hard-to-abate in Italia, 2023



Emissioni di gas serra attribuibili al trasporto hard-to-abate in Italia, 2023





Il quadro normativo regolatorio

I principali riferimenti per i settori «hard-to-abate»

CAP.

02



Messaggi chiave

I target di decarbonizzazione diventano più sfidanti, imponendo un decisivo cambio di passo

Nell'ambito della regolamentazione delle emissioni dei settori hard-to-abate, la recente **revisione del sistema EU ETS** ha introdotto un **abbassamento del cap previsto**, imponendo target di **riduzione delle emissioni al 2030 più stringenti** (da -43% a -62% rispetto al 2005). Inoltre, sono sempre di più le fonti di emissioni ad essere regolamentate: con l'introduzione del **nuovo EU ETS 2** anche le emissioni dovute al **trasporto su strada e agli edifici** saranno soggette a un sistema «Cape and trade». A questo quadro si aggiungono, per il trasporto hard-to-abate, il nuovo **Regolamento sulle emissioni dei mezzi pesanti**, che dovrà comportare una significativa riduzione delle emissioni specifiche dei mezzi immatricolati, e gli obiettivi sull'**energia da fonte rinnovabile** imposti dalla **RED III**.

In parallelo, il progressivo *phase in* del **CBAM** e la conseguente **riduzione delle quote di emissioni assegnate gratuitamente** impongono agli operatori un **decisivo cambio di passo** per raggiungere i sempre più sfidanti target di decarbonizzazione previsti.

La revisione del sistema EU ETS

Gli aspetti generali

Introdotta nel 2005, il **sistema EU ETS**, attualmente nella FASE VI (2021-2030), è stato recentemente revisionato alla luce del target di riduzione delle emissioni del 55% entro il 2030 e del conseguimento della neutralità climatica entro il 2050. La **revisione della Direttiva 2003/87/CE** deriva dal pacchetto di proposte legislative *Fit-for-55* presentato dalla Commissione Europea nel luglio 2021.



Target di riduzione e cap

- L'obiettivo di **riduzione delle emissioni** per i settori coperti da EU ETS aumenta da -43% a **-62%** (vs 2005).
- Il **fattore di riduzione lineare** delle emissioni sarà pari al **4,3%** annuo dal **2024 al 2027** e pari al **4,4%** dal **2028**.
- Nel **2024** il quantitativo di quote a livello UE sarà **ridotto di 90 mln**, nel **2026** sarà ridotto di **27 mln**⁽¹⁾.



Assegnazioni gratuite

- La revisione prevede la **progressiva riduzione** delle **assegnazioni gratuite** di quote ETS fino all'**azzeramento nel 2026** per le emissioni del **trasporto aereo** e nel **2034** per i **settori coperti dal CBAM**⁽²⁾.
- L'assegnazione gratuita di quote ETS non è prevista per il settore marittimo e per l'EU ETS 2.



Fondi

- L'**Innovation Fund**, creato per il finanziamento di tecnologie innovative e **zero carbon**, è **incrementato**.
- Il **Fondo per la modernizzazione**, creato per supportare 10 Stati membri⁽³⁾ nel loro percorso di transizione energetica, è **incrementato ed esteso** a Grecia, Portogallo e Slovenia.

Estensione perimetro

Entro luglio 2026, la Commissione valuterà l'**inclusione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani** nel perimetro EU ETS a partire dal 2028.

(1) Tale calcolo tiene in considerazione l'aumento di quote destinate alle emissioni del trasporto marittimo ora ricompreso nel perimetro EU ETS (+78,4 milioni di quote nel 2024). (2) Cemento, acciaio, idrogeno, alluminio, ferro, concimi ed energia elettrica. (3) Bulgaria, Croazia, Repubblica Ceca, Estonia, Ungheria, Lettonia, Lituania, Polonia, Romania, Slovacchia. **Fonte:** Commissione Europea; Direttiva (UE) 2023/959; Direttiva (UE) 2023/958; Regolamento (UE) 2023/957; Regolamento (UE) 2023/955.

La revisione del sistema EU ETS

Il trasporto stradale e il settore edilizio: il nuovo EU ETS 2



La Direttiva (UE) 2023/959 modifica la Direttiva 2003/87/CE ed istituisce un **sistema EU ETS separato per il settore dell'edilizia, dei trasporti su strada** e di altri settori⁽¹⁾. Il sistema è distinto ma parallelo all'EU ETS e prenderà avvio nel 2025, quando i soggetti

regolamentati dovranno cominciare a monitorare le emissioni. Dal **2027**, il meccanismo sarà **pianamente in vigore** con la messa all'asta l'acquisto e la restituzione delle quote.

 Ambito di applicazione	 Elementi chiave	 Target	 Soggetti obbligati
<ul style="list-style-type: none">• Trasporto su strada (pubblico e privato)• Edifici (residenziali, commerciali e istituzionali)• Piccole industrie energetiche, manifatturiere ed edili che impiegano calore di processo (non EU ETS)	<ul style="list-style-type: none">• Nessuna quota assegnata gratuitamente.• Nel 2027 sarà messo all'asta un 30% di quote in più del volume d'asta (prealimentazione) al fine di agevolare l'avvio del sistema.• A sistema avviato, nel caso in cui il prezzo delle quote superi i 45€, ulteriore volume sarà svincolato dalla MSR e immesso nel mercato⁽²⁾.	<ul style="list-style-type: none">• L'obiettivo di riduzione delle emissioni per i settori coperti da EU ETS 2 è del 42% entro il 2030 (rispetto ai livelli del 2005).• Il fattore di riduzione lineare delle emissioni sarà pari al 5,1% annuo dal 2025 al 2027 e pari al 5,38% dal 2028.	<ul style="list-style-type: none">• I soggetti fornitori di carburanti e combustibili per i tre settori di applicazione. <div data-bbox="1418 696 1837 822" style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"><p>Il legislatore interviene a livello di immissione in consumo dei combustibili, non in maniera «diretta» sugli emettitori.</p></div>

(1) Che corrispondono ad attività industriali non contemplate nell'Allegato I della Direttiva 2003/87/CE (perimetro EU ETS). (2) MSR: Riserva stabilizzatrice di mercato. Il prezzo deve superare i 45 euro per due mesi consecutivi, tale possibilità è prevista annualmente fino al 2029. Fonte: Direttiva (UE) 2023/959.

Il Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

I settori coinvolti e l'entrata in funzione progressiva

Il regolamento 2023/956 istituisce il meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere (CBAM), concepito come integrazione dell'EU ETS. Il CBAM si basa su un sistema di certificati di carbonio a copertura delle emissioni «incorporate» in alcune tipologie di

prodotti (ad alta intensità carbonica) importati nel territorio UE da Paesi terzi. Con il CBAM, l'UE estende per la prima volta il concetto di *carbon pricing* alle importazioni. L'applicazione del meccanismo è progressiva e prevede una fase transitoria e una fase operativa.

Ambito di applicazione ⁽¹⁾	2023	2024	2025	2026
Cemento	Fase transitoria			Fase operativa
Acciaio	Fase transitoria			Fase operativa
Alluminio	Fase transitoria			Fase operativa
Ferro	Fase transitoria			Fase operativa
Fertilizzanti	Fase transitoria			Fase operativa
Energia elettrica	Fase transitoria			Fase operativa
Idrogeno	Fase transitoria			Fase operativa

- Gli importatori richiedono la qualifica di **dichiarante CBAM autorizzato**. Ogni trimestre, i dichiaranti presentano il **Report CBAM transitorio** indicando: 1. quantità, tipologia, paese d'origine, impianto di produzione e processo produttivo delle merci importate, 2. **emissioni dirette e indirette correlate**, 3. eventuali informazioni sul prezzo del carbonio pagato nel paese d'origine.
- Il meccanismo di **acquisto e restituzione** dei certificati **non è ancora operativo**.

- Entro il 31 maggio di ogni anno⁽²⁾ ciascun dichiarante utilizza il registro CBAM per presentare la **dichiarazione CBAM** relativa all'anno precedente che include: 1. il **quantitativo totale merci importate** nell'anno civile precedente, 2. le **emissioni totali incorporate** nelle merci.
- Il **dichiarante acquista e restituisce il numero di certificati CBAM** corrispondente alle emissioni dichiarate per l'anno civile precedente⁽³⁾.

(1) L'estensione dell'ambito di applicazione dovrebbe riguardare entro il 2030 tutti i settori contemplati del perimetro EU ETS. La Commissione riferirà in merito al Parlamento e al Consiglio entro la fine del 2024 per gli anni successivi al 2025. (2) Per la prima volta nel 2027 per l'anno 2026. (3) Il dichiarante può chiedere una riduzione del numero di certificati da restituire per tenere conto del prezzo del carbonio pagato nel paese di origini per le emissioni. Inoltre, il dichiarante può chiedere il riacquisto dell'eventuale eccedenza dei certificati. Il surplus di certificati viene azzerato il 1° luglio di ogni anno. **Fonte:** Commissione Europea; Regolamento (UE) 2023/956.

I nuovi target nel settore dei trasporti

La revisione della RED e il regolamento sulle emissioni di CO₂ dei veicoli pesanti nuovi

La revisione della Direttiva sulla promozione delle Energie Rinnovabili (RED III) porta la **quota vincolante di rinnovabili nel consumo finale di energia dell'UE al 42,5%⁽¹⁾** entro il 2030, con l'obiettivo di raggiungere il 45%⁽²⁾. La nuova normativa prevede degli obiettivi specifici per il **settore dei trasporti**. In parallelo, il

Regolamento 2024/1610 ha modificato il Regolamento 2019/1241 **sulle emissioni di CO₂ dei veicoli pesanti nuovi** estendendone l'ambito di applicazione e introducendo target più sfidanti a partire dal 2030.

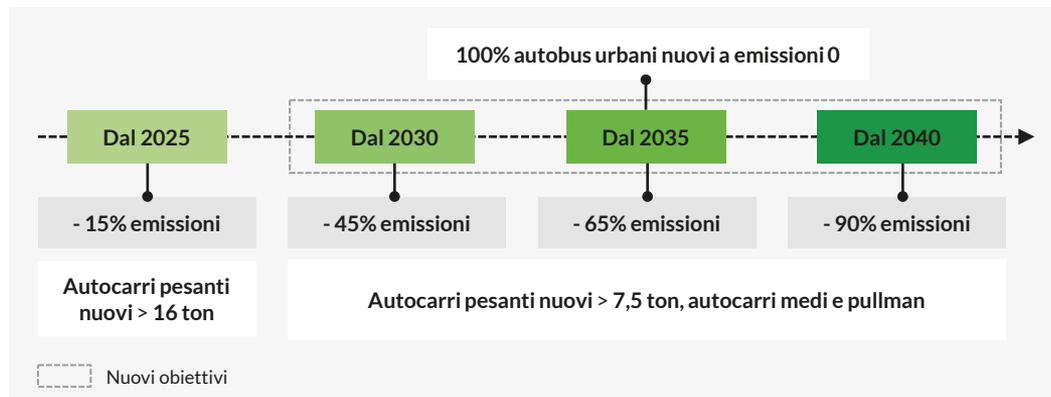
RED III - Obiettivi settore trasporti

Gli Stati possono scegliere **uno tra i due target vincolanti**:

- **Riduzione del 14,5%** delle **emissioni di GHG** del settore trasporti entro il 2030
- **Quota di rinnovabili pari al 29%** nel consumo finale di energia entro il 2030

Inoltre, la **quota combinata di biocarburanti avanzati e RFNBO** nell'energia rinnovabile fornita al settore deve essere pari al **5,5% al 2030**.

Regolamento sulle emissioni di CO₂ dei veicoli pesanti nuovi



(1) vs 32% previsto dalla RED II; (2) l'obiettivo del 45% presente nel RePowerEU è stato rivisto al ribasso nel corso dell'iter legislativo che ha portato all'adozione della RED III. Tuttavia, si preserva la volontà di oltrepassare il 42% in uno sforzo collettivo a discrezione degli Stati Membri. Fonte: Commissione Europea

Box: Il Decreto Biocarburanti

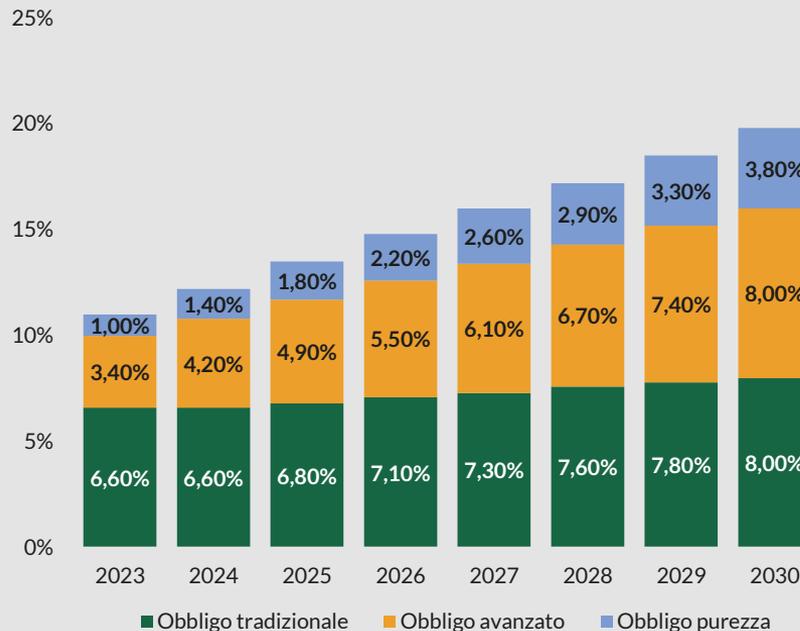


Con il **Decreto 16 marzo 2023**, il Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica ha **introdotto per l'Italia, a partire dal 2023, un obbligo di immissione in consumo di biocarburanti liquidi in purezza**, in aggiunta al normale obbligo di miscelazione di biocarburanti tradizionali e avanzati previsto dalla normativa europea.

L'obbligo è posto in capo ai **fuel supplier**, ossia agli operatori che immettono in consumo, assolvendone l'accisa, benzina, gasolio e metano (inteso come gas naturale) di origine fossile per i trasporti.

Il decreto prevede che **al 2030 i fuel supplier immettano sul mercato una quota di biocarburanti pari al 19,8% del totale dei carburanti immessi in consumo nel settore dei trasporti¹** (calcolato sulla base del contenuto energetico dei carburanti, considerando i moltiplicatori previsti dalla normativa). I biocarburanti in purezza costituiranno, al 2030, il 3,8% del totale dei carburanti immessi in consumo.

Obbligo biocarburanti sul totale dei carburanti immessi in consumo dai fuel supplier



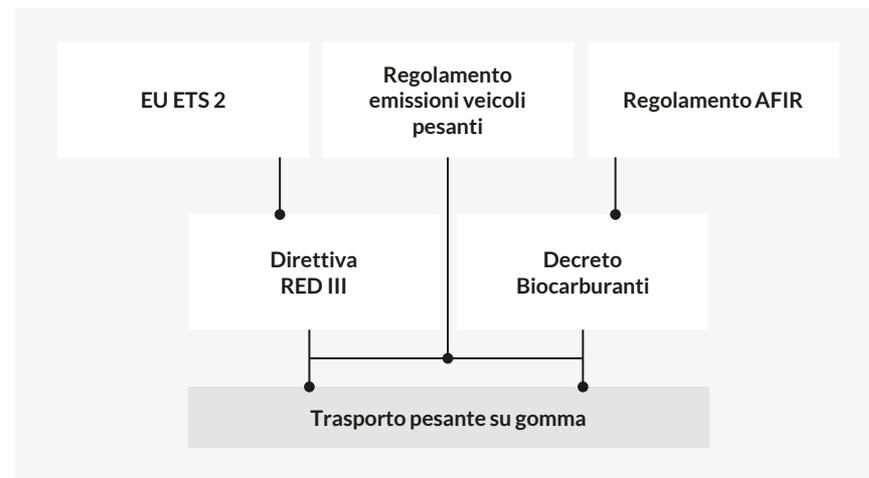
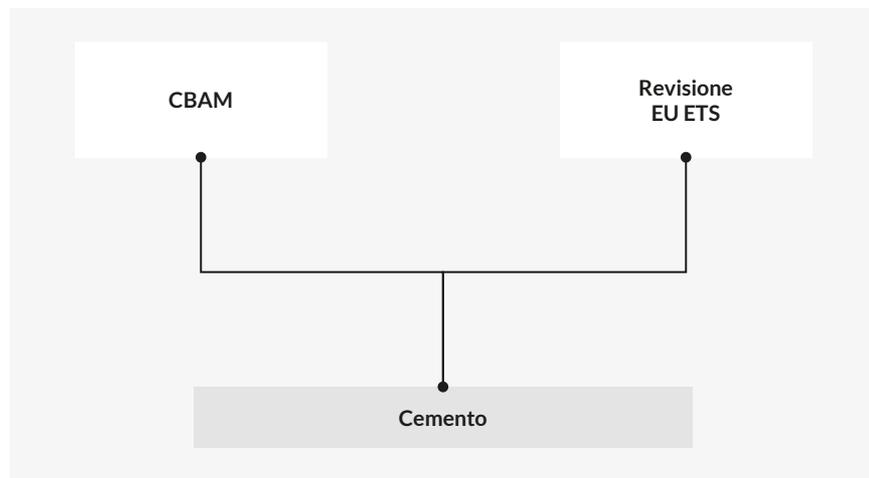
(1) Considerando i trasporti su strada e ferroviari. Fonte: MASE.

I settori del cemento e del trasporto pesante su gomma

L'analisi verticale sui settori alla luce dell'evoluzione normativa

La panoramica normativa presentata dimostra come, tra i settori hard-to-abate, quello del **cemento** e quello del **trasporto pesante su gomma** saranno tra quelli maggiormente impattati dall'evoluzione del quadro regolatorio nei prossimi anni. L'analisi verticale su questi due settori, focus del presente rapporto,

permetterà di evidenziarne il **potenziale di decarbonizzazione** muovendo dai **nuovi target EU** e facendo luce sulle **tecnologie disponibili**, sui **costi di transizione** nonché sui **driver** e sulle **barriere**.





FOCUS: il trasporto merci su strada

La decarbonizzazione degli HDV: opportunità e costi

CAP.

03



Total Cost of Ownership: maggiore competitività delle bioenergie rispetto all'elettrico

Tenendo conto delle **condizioni attuali del mercato**, una delle **soluzioni più competitive e più immediatamente disponibili** per la decarbonizzazione del trasporto merci su strada è rappresentata dai veicoli pesanti tradizionali alimentati ricorrendo a **bioenergie come HVO e bio-GNL**.

Nel **breve-medio periodo**, queste soluzioni permettono già una **pragmatica riduzione delle emissioni con costi aggiuntivi contenuti**. Nel **medio-lungo periodo** il **veicolo BEV**, il cui TCO è, ad oggi, notevolmente impattato dall'elevato costo di acquisizione del mezzo, **potrebbe raggiungere la parità di costo con i veicoli alimentati a bioenergie**, beneficiando al contempo della riduzione prospettica dell'intensità carbonica del mix energetico atteso.

Il mercato degli HDV alternativi è ancora piuttosto limitato

Nel nostro Paese, la quota di mercato delle alimentazioni alternative sulle immatricolazioni totali è del tutto marginale (2% nel 2023) e la quasi totalità del parco circolante di HDV è costituito da veicoli a diesel.

La transizione verso le alimentazioni alternative è dominata dai veicoli alimentati a gas naturale. Ad oggi infatti sono diverse le barriere che ostacolano la diffusione di veicoli elettrici, prime fra tutte l'assenza di domanda di mercato per un trasporto sostenibile, l'elevato capex dei mezzi e la mancanza di un'infrastruttura di ricarica dedicata ai mezzi pesanti.

Sono necessari 1,7 miliardi di investimenti aggiuntivi per la transizione verso l'elettrico

Assumendo una quota di vendite di HDV elettrici pari al 50% delle immatricolazioni totali al 2030, in linea con i target europei e le dichiarazioni degli OEM, saranno necessari 1,7 miliardi di € di investimenti aggiuntivi (rispetto all'acquisto di veicoli diesel).

È dunque importante definire un piano di incentivazione adeguato e pluriennale che possa sostenere questa transizione.

3.1

Le tecnologie per la decarbonizzazione degli HDV

Le soluzioni per la decarbonizzazione degli HDV

Mappatura delle tecnologie e perimetro di analisi

Le soluzioni per la decarbonizzazione del trasporto merci tramite HDV possono essere suddivise in **due macrocategorie**: uso di **carburanti sostenibili che alimentano truck «convenzionali»**, ossia dotati di un normale motore a combustione interna, e adozione di **veicoli a trazione elettrica**.



Carburanti sostenibili

Biocarburanti

RFNBO⁽¹⁾

Idrogeno



Truck elettrici

Battery electric truck (BET o BEV)

Fuel cell electric truck (FCET o FCEV)

Veicoli a catenaria

(1) RFNBO: Renewable Fuels of Non-Biological Origin.

Le soluzioni per la decarbonizzazione degli HDV

Carburanti sostenibili

	Combustibile	Materie prime	Processo produttivo
Biocarburanti	Biodiesel FAME ⁽¹⁾	Semi oleosi, grassi animali, oli vegetali esausti	Transesterificazione
	HVO ⁽¹⁾	Semi oleosi, grassi animali, oli vegetali esausti	Idrotrattamento
	Bio-GNC ⁽¹⁾	Residui agricoli/agroindustriali, reflui zootecnici, FORSU	Digestione anaerobica + Upgrading
	Bio-GNL ⁽¹⁾	Residui agricoli/agroindustriali, reflui zootecnici, FORSU	Digestione anaerobica + Upgrading + Liquefazione
	Combustibile	Reazione di processo	Grado di maturità
RFNBO	e-Metano	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 + \text{elettricit\`a} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	
	e-Metanolo	$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 + \text{elettricit\`a} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	
	e-Diesel	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{elettricit\`a} \rightarrow \text{nCH}_2 + \text{nH}_2\text{O}$	
	Categoria	Materie prime	Processo produttivo
Idrogeno	RFNBO	Acqua pura	Elettrolisi alcalina, a ossidi solidi, a membrane
	Biocombustibili	Residui agricoli/agroindustriali, reflui zootecnici, FORSU	Fermentazione al buio, Foto-fermentazione, Biofotolisi
	Biocombustibili	Residui agricoli/agroindustriali, reflui zootecnici, FORSU	Gassificazione, Pirolisi
	Biocombustibili	Residui agricoli/agroindustriali, reflui zootecnici, FORSU	Elettrolisi microbionica
	Biocombustibili	Biometano	Steam reforming

(1) FAME: Fatty Acid Methyl Ester, HVO: Hydrotreated Vegetable Oil, GNC: Gas Naturale Compresso, GNL: Gas Naturale Liquefatto.

Truck a trazione elettrica: BEV, FCEV e veicoli a catenaria

Componenti principali e funzionamento

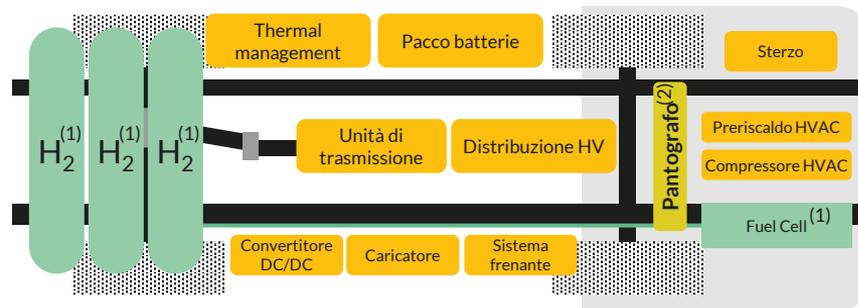
Battery Electric Truck

- **Batteria:** la fonte primaria di energia, spesso agli ioni di litio, con capacità elevata per garantire autonomia adeguata.
- **Battery Management System:** monitora tensione, corrente e temperatura della batteria, ottimizzando durata e sicurezza.
- **Motori elettrici:** forniscono coppia immediata, con configurazioni variabili (singolo o multipli motori per asse).
- **Sistema di frenata rigenerativa:** recupera energia durante la decelerazione, migliorando l'efficienza energetica.
- **Sistema di ricarica:** regola la corrente proveniente dalla colonnina di ricarica e ottimizza il flusso di energia verso la batteria, assicurando un processo di ricarica sicuro ed efficiente.

Fuel Cell Electric Truck

- **Serbatoi ad alta pressione:** costruiti con materiali avanzati, per immagazzinare idrogeno compresso.
- **Batteria ausiliaria:** funziona come buffer per supportare la cella a combustibile nei picchi di potenza e per la frenata rigenerativa.
- **Cella a combustibile:** tramite la reazione tra idrogeno e ossigeno produce energia elettrica e acqua.
- **Sistema di gestione dell'energia:** regola il flusso tra cella, batteria e motore per ottimizzare le prestazioni.
- **Sistema di raffreddamento:** mantiene la temperatura ottimale delle celle a combustibile per garantirne la durata.
- **Sistema di Thermal management:** supervisiona temperatura, pressione e flusso di idrogeno per sicurezza ed efficienza.

(1) Presenti solo nei veicoli FCEV; (2) Presente solo nei veicoli a catenaria



Catenary Truck

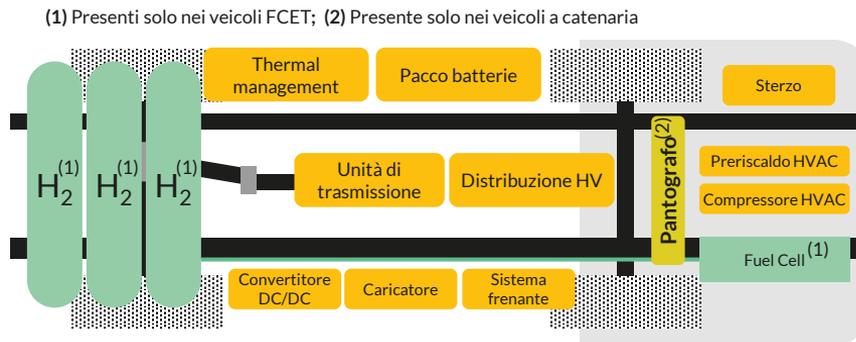
- **Pantografo:** stabilisce il contatto con le linee aeree, adattandosi automaticamente a velocità e posizione.
- **Linee aeree (catenaria):** fili sospesi sopra la carreggiata che forniscono energia al veicolo.
- **Motore elettrico:** trasforma l'energia della catenaria in movimento; può funzionare anche tramite batteria o motore a combustione interna nei veicoli ibridi.
- **Sistema di gestione dell'energia:** regola la transizione tra fonti di energia (catenaria, batteria, o motore).
- **Batteria di supporto:** alimenta il veicolo in assenza di connessione alla catenaria, utile per sorpassi o tratti non elettrificati.
- **Sistema di controllo e comunicazione:** monitora il pantografo e gestisce la comunicazione tra veicolo e infrastruttura per sicurezza ed efficienza.

Truck a trazione elettrica: BEV, FCEV e veicoli a catenaria

Vantaggi e criticità

Battery Electric Truck	
Vantaggi	Criticità
Zero emissioni allo scarico	Autonomia limitata
Maggior efficienza energetica	Gestione delle ricariche
Manutenzione limitata	Peso delle batterie

Fuel Cell Electric Truck	
Vantaggi	Criticità
Tempi di rifornimento rapidi	Costi della tecnologia e del carburante
Maggior efficienza energetica	Sicurezza legata all'alta pressione dei serbatoi
Lunga autonomia	Bassa efficienza complessiva



Catenary Truck	
Vantaggi	Criticità
Zero emissioni allo scarico	Necessità di sviluppare un'infrastruttura dedicata
Maggior efficienza energetica	Interoperabilità tra diversi veicoli e infrastrutture
Manutenzione limitata	

3.2

L'analisi economica delle tecnologie alternative: il Total Cost of Ownership

Total Cost of Ownership

Metodologia e assunzioni

Di seguito sono riportate le **tipologie di truck considerate** per l'analisi di TCO e la definizione degli *use case*. Sono stati considerati sia **veicoli a combustione interna alimentati da carburanti sostenibili**, sia **veicoli a trazione elettrica**. Il truck alimentato a

diesel fossile è stato considerato come benchmark per valutare le performance economiche di tutti gli altri mezzi. Per quanto riguarda l'utilizzo, sono stati considerati due contesti principali: la **distribuzione regionale (DR)** e il **trasporto long-haul (LH)**.

Tipologie di truck considerati	
«Tradizionali»	Elettrici
Diesel (benchmark)	FCEV
HVO	BEV
Bio-GNL	

Panoramica degli use case	
Distribuzione regionale (DR)	Trasporto long-haul (LH)
300 km/giorno	400 km/giorno
	500 km/giorno
	600 km/giorno

Total Cost of Ownership

Metodologia e assunzioni

La tabella seguente riporta le caratteristiche dei truck considerati nel perimetro dell'analisi. **Per ciascuna tecnologia e combustibile, è stato definito un truck di riferimento, rappresentativo dei modelli**

a mercato o annunciati. Le caratteristiche sono state definite sulla base di ricerche di mercato e interviste con esperti.

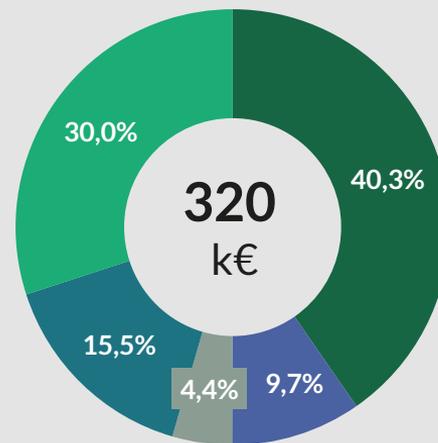
Truck	Diesel	HVO	Bio-GNL	BEV	FCEV
CAPEX	120 k€	120 k€	140 k€	320 k€	790 k€
Consumi	28,2 l/100km (DR) 27,7 l/100km (LH)	28,8 l/100km (DR) 28,2 l/100km (LH)	26,2 l/100km (DR) 25,7 l/100km (LH)	120 kWh/100km	8,8 kg/100km
Potenza motore	350 kW	350 kW	350 kW	350 kW	350 kW
Capacità batteria				600 kWh	70 kWh
Potenza fuel cell					200 kW

Box: Truck BEV: struttura del capex

La maggiore causa dell'elevato capex del veicolo BEV è da imputarsi al costo del pacco batteria, del sistema di ricarica (On Board Charger - OBC) e del sistema di distribuzione HV. Insieme pesano per **oltre il 40% del totale del capex**. Il motore elettrico, l'inverter e la trasmissione pesano invece per un più contenuto 10%. **Un altro elemento rilevante è quello costituito dai costi indiretti e del margine di filiera, a cui è attribuibile il 30% del capex.**

Risulta quindi chiaro che la riduzione del prezzo dei truck BEV passa dal calo dei prezzi delle batterie così come dallo sviluppo del mercato, che consentirebbe di ripartire i costi indiretti su maggiori volumi di produzione e beneficiare di efficienze di scala.

Componenti del capex del truck BEV

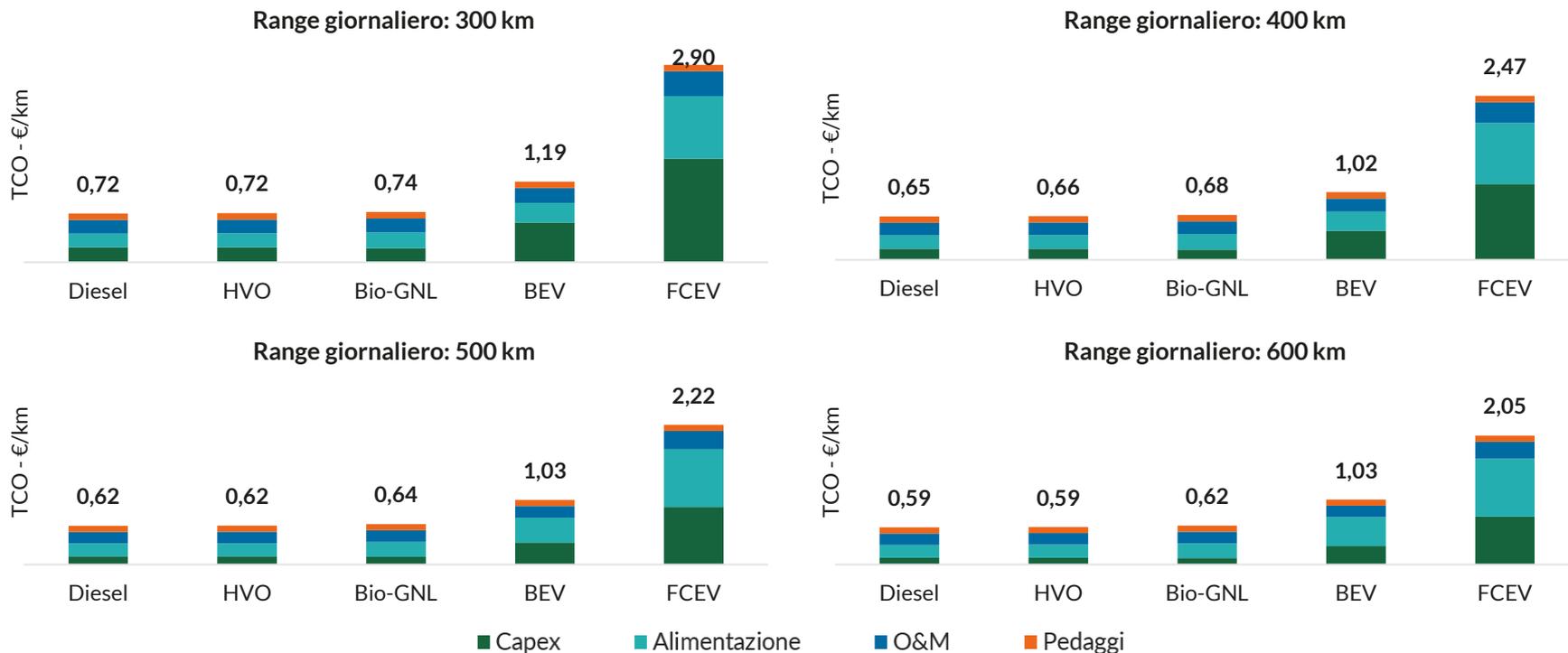


- Pacco batteria, OBC e sistema di distribuzione HV
- Motore elettrico, inverter e trasmissione
- Altre componenti relative alla trazione elettrica
- Telaio
- Costi indiretti e margine filiera

Fonte: analisi e stime Energy & Strategy.

Total Cost of Ownership

Visione d'assieme



Total Cost of Ownership

Visione d'assieme

Range giornaliero: 300 km

Considerando lo *use case* corrispondente alla **distribuzione regionale**, risulta evidente come **per i mezzi tradizionali il TCO sia determinato principalmente dagli opex del veicolo**, mentre **per le motorizzazioni elettriche (BEV e FCEV) la componente relativa al capex costituisce circa la metà del TCO**. Per il veicolo a fuel cell risulta essere particolarmente significativo il **costo dell'idrogeno verde**, che rappresenta circa un terzo del costo totale del veicolo.

Range giornaliero: 400 km

Su una **distanza giornaliera di 400 km** (corrispondente a 100.000 km annui), **diminuisce notevolmente il TCO del veicolo elettrico (-14% rispetto al caso precedente)**. Questo avviene poiché **la distanza percorsa coincide esattamente con il range del veicolo preso a riferimento**, consentendo di ottimizzare l'impatto del capex e di beneficiare del basso costo della ricarica privata.

Range giornaliero: 500 km

Considerando un range giornaliero di 500 km, si nota che **il TCO del veicolo elettrico cresce rispetto al caso precedente**. Questo risultato, apparentemente controintuitivo, si ha perché, superata l'autonomia del veicolo, una parte dell'energia richiesta dal truck viene ricaricata sull'infrastruttura pubblica, con un notevole aumento degli opex. HVO e bio-GNL restano le soluzioni sostenibili più competitive, con costi solo marginalmente superiori a quelli del diesel.

Range giornaliero: 600 km

Raggiunti i **600 km giornalieri (150.000 km annui)**, si nota una **sensibile riduzione dei costi del veicolo a fuel cell (-8% rispetto al caso precedente e -29% rispetto al caso della distribuzione regionale)**. Infatti, **l'elevata percorrenza consente di ridurre l'impatto del capex sul costo chilometrico**. Ciò avviene anche per il veicolo BEV, anche se l'effetto è compensato dal crescente **costo della ricarica pubblica** necessaria per percorrere i chilometri in eccesso rispetto all'autonomia del truck.

FOCUS: Total Cost of Ownership

Long-haul: 400 km/giorno

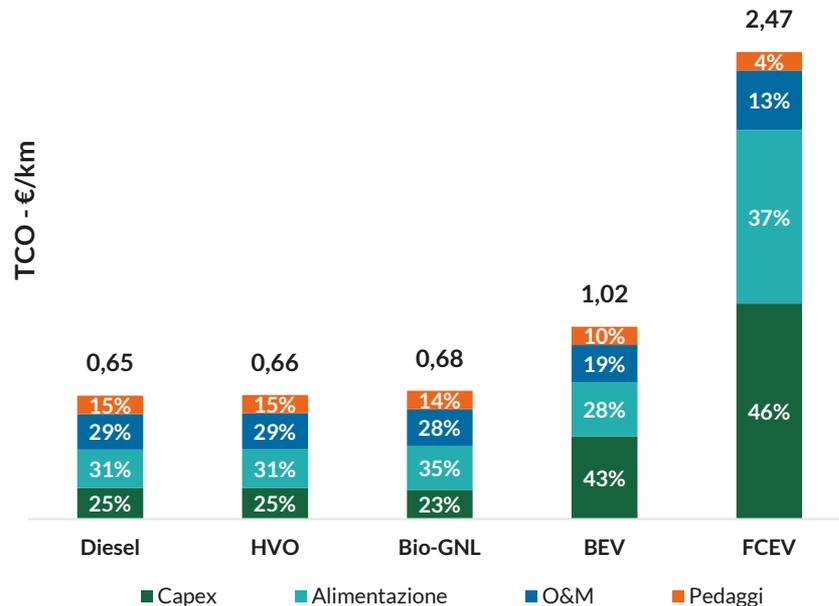
Su una **distanza giornaliera di 400 km** (corrispondente a 100.000 km annui), **diminuisce notevolmente il TCO del veicolo elettrico rispetto al caso precedente**, passando da 1,19 a 1,02 €/km (-14%).

Questo avviene poiché **la distanza percorsa coincide esattamente con il range del veicolo preso a riferimento**, consentendo di ottimizzare l'impatto del capex e di beneficiare del basso costo della ricarica privata.

Si evidenzia come, per il **truck BEV** il peso dei costi di alimentazione e O&M sia inferiore rispetto a quello dei mezzi alimentati a biocarburanti, tuttavia **il peso del capex è estremamente elevato (43%)**.

Il mezzo a **FCEV** risulta di gran lunga **meno competitivo rispetto agli altri**, non solo a causa del capex, che pesa per il 46% del costo chilometrico, ma anche per via del **costo elevatissimo dell'idrogeno verde**, che fa sì che i costi di alimentazione rappresentino il 37% del TCO.

Range giornaliero: 400 km



Riduzione delle emissioni per ciascuna soluzione

Emissioni *tank-to-wheel* e *well-to-wheel*

Dal punto di vista delle emissioni, si osserva che, nonostante l'analisi delle emissioni *tank-to-wheel* favorisca la trazione elettrica, le emissioni totali del veicolo (*approccio well-to-wheel*)

BEV superano quelle dei veicoli alimentati a bioenergie (HVO e bio-GNL) nel caso in cui il veicolo non sia ricaricato tramite energia rinnovabile.

Emissioni tank-to-wheel [g CO ₂ eq/km]		
Modalità d'uso	DR	LH
Diesel	708,9	695,0
HVO	10,2	10,0
Bio-GNL	1,4	1,3
BEV	0	0
FCEV	0	0

Emissioni well-to-wheel [g CO ₂ eq/km]		
Modalità d'uso	DR	LH
Diesel	881,2	864,0
HVO	171,1	167,7
Bio-GNL	137,8	135,1
BEV	0-218,6 ⁽¹⁾	0-218,6 ⁽¹⁾
FCEV	0-761,6 ⁽²⁾	0-761,6 ⁽²⁾

(1) Nel caso di un veicolo BEV alimentato da energia elettrica prodotta interamente tramite fonti rinnovabili, le emissioni *well-to-wheel* sono nulle. (2) Nel caso, considerato nel rapporto, di un veicolo FCEV alimentato da idrogeno verde le emissioni *well-to-wheel* sono nulle. Nel caso in cui l'idrogeno sia prodotto tramite elettrolisi utilizzando energia elettrica prelevata dalla rete e non 100% rinnovabile, le emissioni *well-to-wheel* sarebbero pari a 761,6 g CO₂ eq/km. Fonte: analisi Energy & Strategy.

Total Cost of Ownership

Scenario alternativo: gli effetti di policy *ad-hoc* e dei costi della tecnologia

Dopo aver analizzato il TCO delle diverse alimentazioni nel caso *as-is*, è stato valutato l'impatto sul TCO di alcune misure di policy la cui implementazione potrebbe avere impatti significativi sui costi dei mezzi. Inoltre, è stato valutato l'impatto di una eventuale «valorizzazione» del costo di produzione dei biocarburanti sul costo totale.



Implementazione del meccanismo ETS 2

Il meccanismo dell'ETS 2 sarà operativo dal 2027 (con eventuale posticipazione al 2028 nel caso in cui i prezzi dei vettori energetici siano particolarmente elevati). Il pagamento, da parte dei fornitori di carburante, delle quote di emissioni comporterà un **aumento dei prezzi del carburante diesel pari al 10-15% circa** (assumendo un prezzo delle quote di 45 €/tCO₂).



Valorizzazione del costo dei biocarburanti

Ad oggi, il **prezzo di mercato** dei biocarburanti considerati nell'analisi (HVO e bio-GNL) **non riflette il valore del prodotto**, che è caratterizzato da costi di produzione maggiori rispetto all'equivalente fossile. Le analisi che seguono considerano un **prezzo dell'HVO per i trasportatori pari a 1,90 €/l** e un **valore delle garanzie d'origine per il bio-GNL pari a 35 €/MWh**.



Rimozione dei pedaggi per i veicoli a zero emissioni

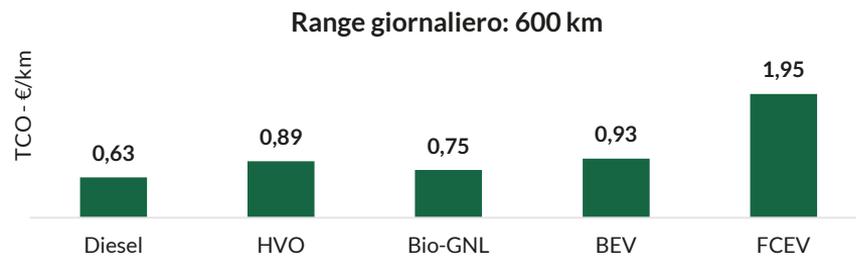
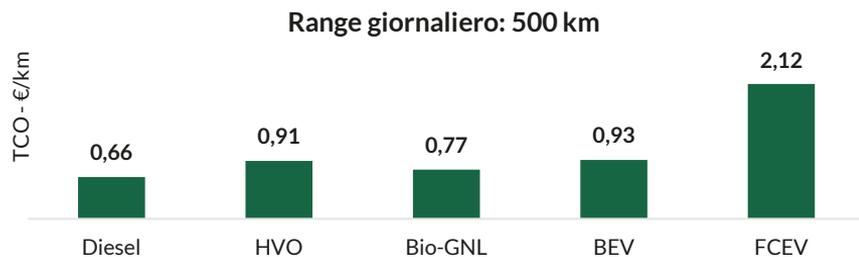
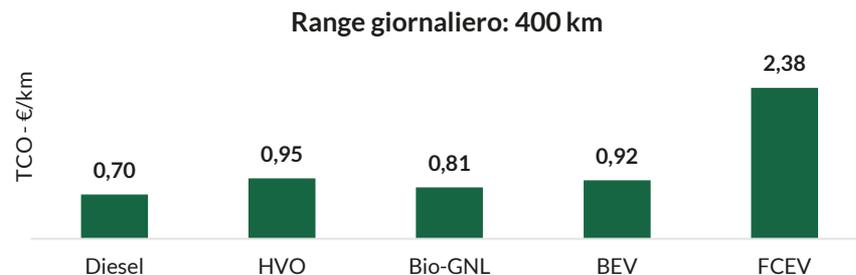
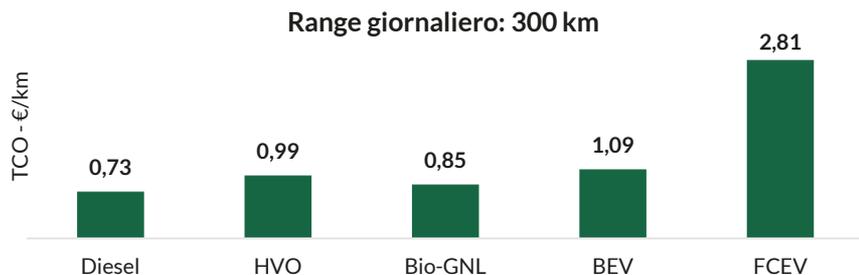
In linea con le disposizioni della Direttiva (UE) 2022/362 (**Direttiva Eurobollo**), che, per quanto riguarda i **pedaggi autostradali**, prevedono che i Paesi europei applichino **tariffe ridotte ai veicoli a zero emissioni**, le analisi che seguono **assumono un costo dei pedaggi autostradali nullo per i veicoli BEV e FCEV**.

Total Cost of Ownership

Visione d'assieme nello scenario alternativo

Nel nuovo scenario, il TCO più favorevole tra le alimentazioni alternative al diesel è quello del truck alimentato a bio-GNL, che risulta essere la soluzione green più economica. Tuttavia, si nota un avvicinamento tra il TCO del truck BEV e di quello alimentato ad

HVO. In un caso il TCO del truck a batteria risulta più conveniente dell'HVO: quando la percorrenza giornaliera del mezzo coincide con il range elettrico, consentendo di sfruttare appieno il beneficio della ricarica privata.

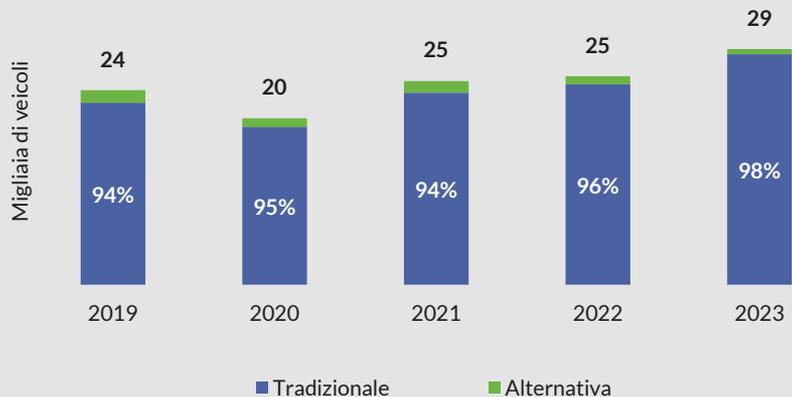


Box: Il mercato dei truck in Italia per motorizzazione

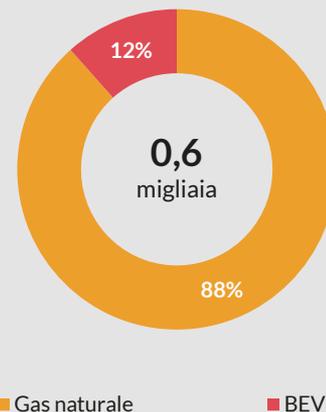
Nel 2023 in Italia sono stati immatricolati 29 mila heavy-duty vehicles (HDV). Di questi, il 98% è rappresentato da mezzi «tradizionali», ossia veicoli a combustione interna alimentati a diesel (o benzina). Per quanto riguarda i veicoli ad alimentazione alternativa, l'88% delle immatricolazioni è rappresentata da veicoli alimentati a gas naturale, mentre i veicoli BEV rappresentano il 12%.

Fonte: rielaborazione Energy & Strategy su dati EAFO e ANFIA.

Immatricolazioni di HDV in Italia per tipo di alimentazione



HDV alternativi immatricolati per tipologia (2023)

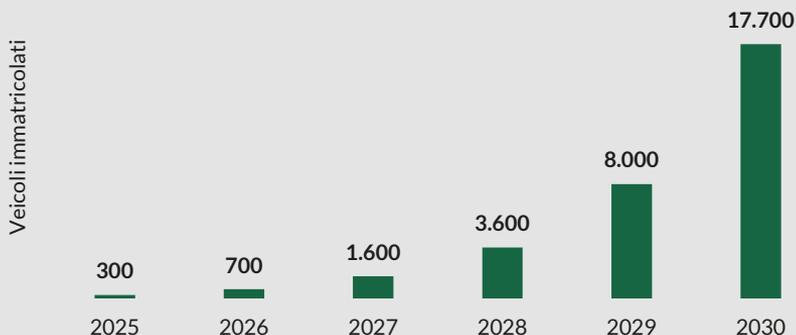


Box: Gli investimenti in truck elettrici in Italia al 2030

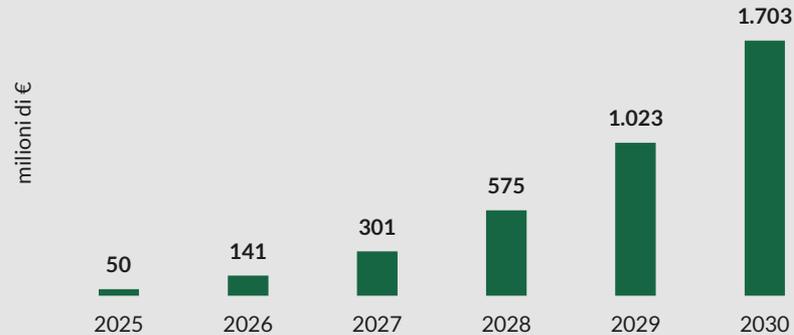
Assumendo una quota **immatricolazioni di truck elettrici (BEV) sulle immatricolazioni totali pari al 50% al 2030**, determinata tenendo conto delle dichiarazioni sugli obiettivi di vendita degli OEM, di informazioni contenute in report di settore e dei target imposti dal Regolamento Europeo sulle emissioni degli HDV, si

stima che gli **investimenti aggiuntivi** relativi all'elettrificazione della flotta, calcolati rispetto al caso base di **acquisto di un veicolo alimentato a diesel**, raggiungeranno il **valore cumulato di 1,7 miliardi di euro nel 2030**⁽¹⁾.

Stima dei truck elettrici (BEV) immatricolati annualmente in Italia, 2025-2030



Investimenti aggiuntivi relativi all'acquisto di truck elettrici (valori cumulati)



(1) Il capex necessario per l'acquisizione di un mezzo BEV è stato assunto decrescente tra il 2025 e il 2030, in linea con le aspettative di riduzione dei prezzi delle batterie e di ottimizzazione dei costi di produzione.

3.3

Driver e barriere alla decarbonizzazione degli HDV

I driver per la decarbonizzazione degli HDV

La visione degli operatori del settore

Dal confronto con un campione di operatori e dall'analisi della letteratura scientifica, è emerso che il percorso di decarbonizzazione per il settore del trasporto stradale pesante è favorito principalmente dall'**imposizione di obblighi** relativi alla **riduzione delle emissioni** e/o all'**impiego di carburanti rinnovabili** a livello normativo, come quelli recentemente introdotti.

Driver	
Normativo-regolatori 	<p>Le recenti novità normative UE che investono il settore dei trasporti quali:</p> <ol style="list-style-type: none">1. l'imposizione di target vincolanti del Regolamento sulle emissioni di CO₂ dei veicoli pesanti;2. le prescrizioni del Regolamento per la realizzazione di una infrastruttura per i carburanti alternativi (AFIR);3. la revisione della direttiva sull'eurobollo4. gli obiettivi sulla riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti e sulla quota di rinnovabili introdotti dalla RED III costituiscono fattori abilitanti alla decarbonizzazione del settore a livello nazionale.
Economico-finanziari 	<p>Lo strumento delle garanzie d'origine (GO) del biometano per i trasporti rappresenta un incentivo non indifferente per l'utilizzo del biocarburante in quanto la provenienza del biometano è immediatamente certificabile al cliente.</p> <p>Dal punto di vista degli operatori, gli attuali prezzi contenuti di HVO e biometano (tramite aste) stanno significativamente promuovendo l'utilizzo di questi due vettori energetici rispetto ad altri.</p> <p>La possibilità di produrre energia da fonti rinnovabili in loco per l'alimentazione dei veicoli grazie ad impianti già presenti (es. pannelli solari) permette di risparmiare sui costi operativi dei veicoli BEV.</p>
Altro 	<p>Nell'ambito del trasporto in conto terzi, la domanda del mercato, ossia la volontà del cliente di scegliere un trasporto «green» (per scelta volontaria o per obbligo di rendicontazione di sostenibilità), può contribuire costituire un fattore abilitante.</p> <p>Iniziative di collaborazione intra-settoriale sono auspicabili per consolidare gli sforzi di decarbonizzazione del settore.</p>

Le barriere alla decarbonizzazione degli HDV

La visione degli operatori del settore

L'analisi condotta ha evidenziato come la **manca**za di una **direzione chiara** da parte del policy maker **con riferimento alle tecnologie** in cui investire oggi e la carenza di schemi incentivanti per gli operatori relativamente all'acquisto e all'utilizzo di carburanti sostenibili costituiscono i due principali ostacoli alla decarbonizzazione del settore del trasporto pesante su strada.

Barriere



Normative-regolatorie

La **manca**nza di un **quadro normativo-regolatorio chiaro** sulla decarbonizzazione del settore dei trasporti **impedisce** la **pianificazione degli investimenti a lungo termine** (es. scelte di acquisto veicoli).

Non esistono ad oggi **target vincolanti** e/o uno **schema incentivante** che premia il trasportatore che utilizza mezzi elettrici. La scelta è lasciata così totalmente alla volontà del trasportatore, che non ha alcun tornaconto economico ma solo un potenziale aumento dei costi. L'unica leva, in questo caso, può essere la volontà del committente di far trasportare in maniera «green».

Al momento, **non vi è un quadro normativo-regolatorio settoriale sugli HVO** e non esiste una certificazione di un ente terzo sulla provenienza del carburante, come avviene invece per il biometano.

Le barriere alla decarbonizzazione degli HDV

La visione degli operatori del settore

Barriere



Economico-finanziarie

In generale, i **prezzi dei carburanti alternativi**, uguali o maggiori rispetto al diesel tradizionale, costituiscono un ostacolo non indifferente al loro impiego e rallentano il percorso di riconversione delle flotte. Solo per i mezzi BEV, il «carburante» elettrico potrebbe generare un risparmio, ma la convenienza è compromessa dal costo di acquisto del veicolo.

L'acquisto di un **mezzo pesante a trazione elettrica** richiede un investimento non indifferente. Per esempio, per un veicolo **BEV il costo d'acquisto del mezzo è di circa 2,5-3,5 volte superiore** a quello di un veicolo diesel, mentre per un **HDV a fuel cells è di 5-7 volte maggiore** rispetto al mezzo «tradizionale». Ciò comporta un **tasso di riconversione delle flotte molto basso** (o **tempistiche molto lunghe**) e spesso la compresenza in flotta di veicoli elettrici e a fuel cells e di veicoli a diesel.

A differenza di altri paesi UE (e.g., Germania), in Italia **non sono presenti incentivi adeguati** per l'**acquisto di HDV a zero emissioni** o per la realizzazione di **infrastrutture di ricarica private**

Nell'ambito del trasporto per conto terzi, i clienti sono sempre più propensi al passaggio a soluzioni decarbonizzate. Tuttavia, il **costo più alto** di un servizio di trasporto «green» costituisce quasi sempre una barriera al ricorso a tali soluzioni.

Le barriere alla decarbonizzazione degli HDV

La visione degli operatori del settore

Barriere	
Tecnologiche 	Il ricorso a tecnologie innovative per la decarbonizzazione del settore del trasporto pesante su strada comporta un cambiamento radicale nell'operatività quotidiana delle flotte e nella pianificazione dei tragitti (es. gestione batterie, tempi di ricarica, disponibilità delle colonnine).
	La potenziale disponibilità di tecnologie sempre più innovative nei prossimi anni rallenta la volontà degli operatori di investire oggi e non consente una pianificazione di lungo periodo degli investimenti.
	L'assenza di una direzione a livello normativo-strategico in riferimento alle tecnologie su cui «puntare» può portare a meccanismi di «competizione» tra le tecnologie a discapito del loro sviluppo efficiente.
Infrastrutturali 	La filiera di produzione dei biocarburanti sostenibili non risulta sufficientemente sviluppata, in particolar modo per quanto riguarda l'approvvigionamento di materie prime di scarto da utilizzare come materie prime di produzione.
	Ad oggi, manca un'infrastruttura di ricarica dedicata ai veicoli elettrici pesanti . Inoltre, spesso è l' infrastruttura privata del singolo operatore ad essere inadatta (per esempio, non si dispone della potenza adatta) o di difficile realizzazione per i costi troppo alti .
	La diffusione delle stazioni di ricarica per H ₂ risulta – ad oggi – ancora insufficiente per soddisfare la domanda.



FOCUS: cemento

Le soluzioni per la decarbonizzazione di un settore «very hard-to-abate»

CAP.

04



Non una soluzione, ma un mix di leve di decarbonizzazione

In un settore «very hard-to-abate» come il cemento, dove le emissioni di processo pesano per circa il 65% delle emissioni dirette, la cattura della CO₂ è indubbiamente lo strumento principale per raggiungere il *net zero*.

Tuttavia, sono disponibili altre leve di decarbonizzazione, come il ricorso a combustibili alternativi e a materie prime in sostituzione dei componenti tradizionali del cemento.

È fondamentale ricorrere a tutte le possibili leve a disposizione al fine di ottimizzare l'investimento in impianti di cattura.

La cattura della CO₂ comporta un aumento insostenibile del costo di produzione del cemento

L'analisi economica della CCS applicata ad un caso di studio rappresentativo di una **cementeria media italiana** mostra che, considerando le attuali condizioni di mercato, **la cattura della CO₂ è ancora economicamente insostenibile**. Ciò è vero sia perché **il costo complessivo di cattura, trasporto e stoccaggio** è superiore al costo che si sosterebbe pagando le quote di emissione del meccanismo ETS, sia perché causerebbe un **incremento vertiginoso del costo di produzione del cemento**, che raggiungerebbe livelli maggiori del **150-230% rispetto a quelli attuali**.

Vista l'**imprescindibilità della CCS per la decarbonizzazione del settore**, è di vitale importanza prevedere **meccanismi di supporto di capex e opex legati al rollout della tecnologia**, considerando anche l'opportunità di valorizzare la CO₂ catturata, soprattutto nei casi in cui la **CCS è applicata in combinazione all'uso di biomassa** per la produzione di calore, che consentirebbe di assorbire emissioni di origine biogenica e quindi di **rimuovere CO₂ dall'atmosfera**.

Per decarbonizzare il cemento al 2050 sono necessari tra i 4 e i 7 miliardi di investimenti

Gli investimenti cumulati in cattura di CO₂ al 2050 variano tra i **3,6 e i 6,8 miliardi di euro**, a seconda che si ricorra unicamente alla CCS o che si combini la cattura con altre leve di decarbonizzazione.

Agli investimenti in tecnologie di cattura si dovranno aggiungere quelli necessari allo sviluppo di un'infrastruttura di trasporto e stoccaggio della CO₂. Di conseguenza, si rende necessaria la **pre-disposizione di un quadro normativo strategico e di supporto finanziario**.

4.1

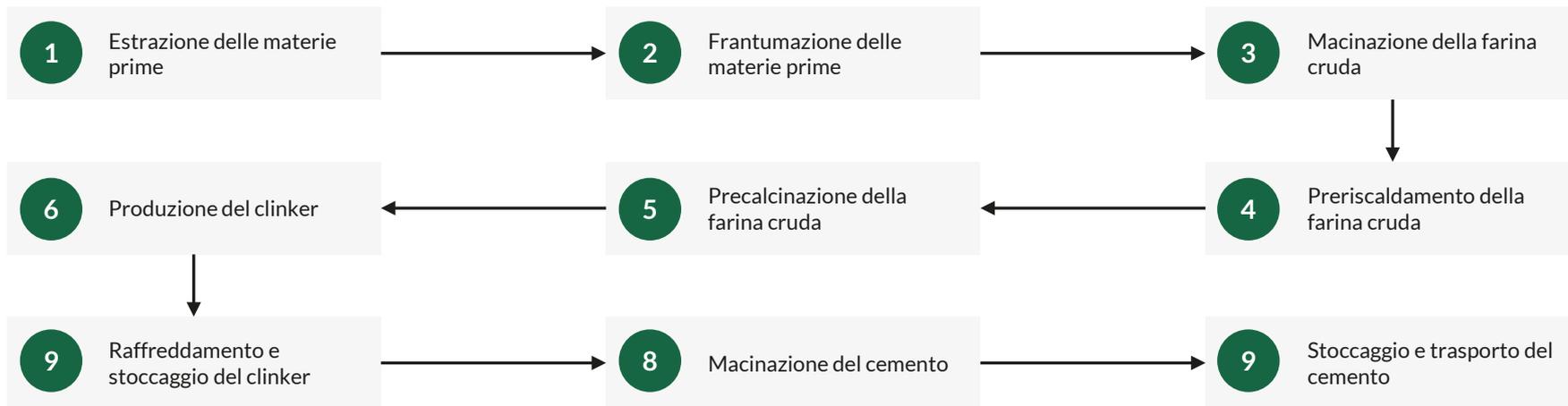
Il cemento: quadro di mercato

Il processo produttivo del cemento

Schematizzazione delle fasi di processo

Il cemento è un materiale costituito principalmente da clinker e gesso, che vengono macinati insieme ad eventuali altri costituenti secondari. Il clinker è l'elemento principale del cemento, a cui conferisce le proprietà idrauliche, ed è a sua volta ottenuto dalla

cottura della cosiddetta «farina cruda», composta principalmente da carbonato di calcio (CaCO_3), in grandi forni rotativi detti kiln. Il seguente diagramma schematizza il processo produttivo del cemento⁽¹⁾:



(1) Il diagramma rappresentato fa riferimento a un processo produttivo allo stato dell'arte dove la cottura della farina cruda avviene «per via secca».

Box: Le emissioni lungo il processo produttivo

Le emissioni di CO₂ lungo il processo produttivo del cemento possono essere suddivise in:

- **Emissioni dirette**, attribuibili alla **produzione del clinker**, dovute alla reazione di **calcinazione (emissioni di processo, che rappresentano il 48% del totale)** e alla **combustione di combustibili (25% del totale)**.
- **Emissioni indirette**, attribuibili all'approvvigionamento di **materie prime (23%)** e al consumo di **energia elettrica (4%)**.

La fase di produzione del **clinker** è **quindi responsabile del 73% delle emissioni totali di CO₂** causate dalla produzione del cemento.

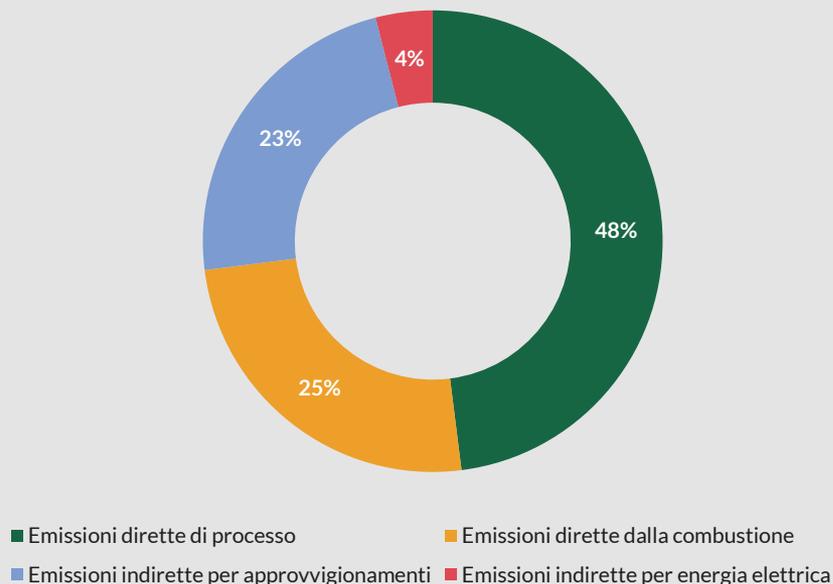
La **reazione di calcinazione** avviene quando il carbonato di calcio CaCO₃ contenuto nelle materie prime (e.g. calcare) viene sottoposto ad alte temperature formando ossido di calcio e CO₂:



Le emissioni dovute alla calcinazione sono particolarmente critiche poiché **non possono essere evitate**.

Fonte: Federbeton, *La strategia di decarbonizzazione del settore del cemento* (2020, 2022).

Origine delle emissioni di CO₂ lungo il processo produttivo del cemento

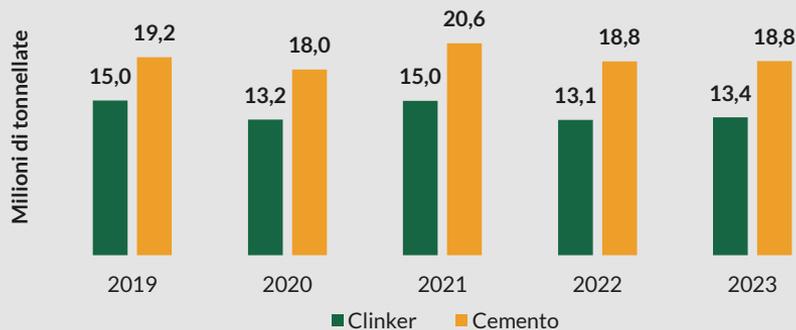


Box: Produzione, esportazioni e importazioni

In Italia, la **produzione di cemento tra il 2019 e il 2023** è rimasta **piuttosto stabile**, pur considerando il calo in corrispondenza della pandemia nel 2020 e la successiva ripresa nel 2021. Nel **2023**, la produzione nazionale si è assestata sulle **18,8 milioni di tonnellate di cemento**, in linea con la produzione dell'anno precedente. La **produzione italiana di clinker segue l'andamento della produzione di cemento** e nel **2023** ha raggiunto le **13,4 milioni di tonnellate**. Le **importazioni di clinker dall'estero sono in costante crescita**. Nel **2023**, sono state **importate 1.327 mila tonnellate di clinker**, con un

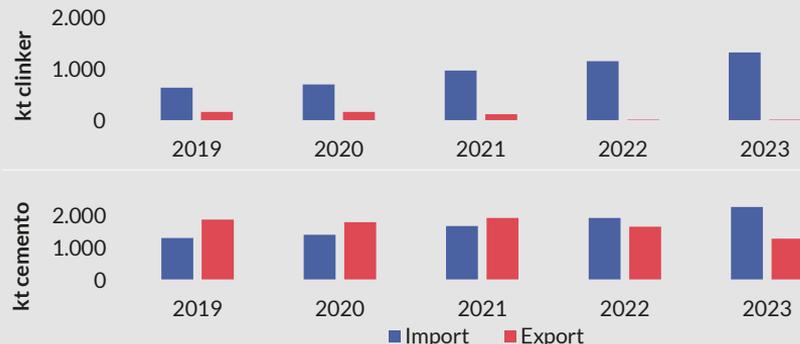
aumento del 14,9% rispetto all'anno precedente e del 105,7% rispetto al 2019. Per quanto riguarda le **esportazioni**, piuttosto ridotte in termini assoluti, si assiste invece a un **trend decrescente**. Similmente, **crescono le importazioni di cemento**: nel **2023** sono state **importate 2.284 mila tonnellate di cemento (+17,5% rispetto all'anno precedente)**. Le esportazioni di cemento sono decrescenti nel tempo, e dal 2022 le **quantità esportate sono inferiori a quelle importate**.

Produzione di clinker e cemento in Italia



Fonte: Federbeton, Eurostat.

Importazioni ed esportazioni di clinker e cemento



4.2

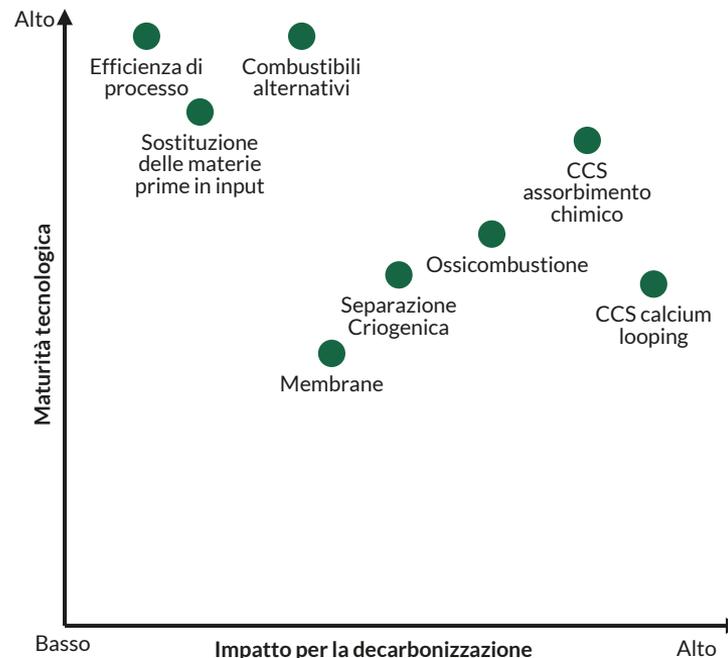
Le leve per la decarbonizzazione del cemento

Le leve per la decarbonizzazione del cemento

Panoramica delle principali soluzioni

Ad oggi, sono diverse le **leve di decarbonizzazione** che consentono di **ridurre le emissioni dirette**⁽¹⁾ dovute alla produzione di cemento:

- **Efficienza di processo:** l'adozione di *Best Available Technologies* per la cottura del clinker consente di ottimizzare i consumi di energia termica, riducendo le emissioni legate alla combustione.
- **Sostituzione delle materie prime in input:** la quota maggiore delle emissioni per la produzione del cemento è legata alla produzione di clinker. La riduzione del contenuto di calcare nel clinker e di clinker nel cemento comporta quindi una riduzione delle emissioni.
- **Combustibili alternativi:** la generazione di calore di processo tramite la combustione di combustibili a minore impatto ambientale non richiede modifiche significative agli impianti.
- **Carbon Capture:** la cattura della CO₂ è una leva fondamentale per le emissioni non evitabili dovute alla reazione di calcinazione.



(1) Il perimetro delle analisi del capitolo è limitato alla produzione del cemento. Di conseguenza, non vengono considerate le leve per la riduzione delle emissioni indirette. **Fonte:** European Cement Research Association

Sostituzione di materiali in input al processo

Riduzione del rapporto clinker/cemento

Technology
Readiness Level

9

La calcinazione del calcare per la **produzione di clinker** è la **principale causa delle emissioni dirette di CO₂** nella produzione di cemento e **ridurre il contenuto di clinker nel cemento consente di evitare parte delle emissioni**. A tal fine, il clinker può essere sostituito dai cosiddetti **materiali cementizi supplementari**.

Materiali cementizi supplementari

Materiali idraulici

Similmente al cemento, i materiali idraulici induriscono in presenza di acqua.

Esempi

Loppa granulata d'altoforno, cenere di scisto

Pozzolane

Le pozzolane induriscono solo in presenza di idrossido di calcio (Ca(OH)₂) prodotto nella fase di indurimento del cemento.

Esempi

Ceneri volanti, microsilice, argilla calcinata, cenere di lolla di riso, pozzolane naturali

Fonte: European Cement Research Association, Global Cement and Concrete Association.

Utilizzo di combustibili alternativi

Riduzione delle emissioni da fonti fossili

Technology
Readiness Level

9

Le emissioni di CO₂ dovute alla combustione di combustibili fossili (principalmente carbone e coke petrolifero) nel kiln e nel precalcinatore costituiscono il **25% delle emissioni totali** causate dalla produzione di cemento e il **34% delle emissioni dirette di CO₂** (le emissioni di processo dovute alla calcinazione contano per il restante 66% delle emissioni dirette e per il 48% delle emissioni totali).

La sostituzione di combustibili fossili con combustibili alternativi può contribuire quindi in maniera significativa alla riduzione delle emissioni. Tuttavia, esistono limitazioni tecniche al tasso di sostituzione legate al potere calorifico dei combustibili alternativi (10-18 GJ/t), mediamente inferiore rispetto a quello del carbone o del petcoke (30-33 GJ/t). In futuro, ci si attende che fino all'**85-95% dell'energia termica di processo possa essere fornita da combustibili alternativi**.

Riduzione delle emissioni di CO₂

Impatto diretto	Impatto indiretto
Il fattore emissivo minore o uguale rispetto ai combustibili fossili combinato al contenuto percentuale di biomassa, la cui CO ₂ è di origine biogenica, riduce le emissioni dirette.	L'utilizzo di rifiuti non riciclabili come combustibili alternativi consente di evitare le emissioni di gas serra legate al loro incenerimento o al loro smaltimento in discarica.

Panoramica dei combustibili alternativi

Combustibili «misti»	Biomasse «pure»
Combustibile solido secondario (CSS), plastiche, pneumatici, solventi, rifiuti industriali misti, oli esausti, segatura contenente resine o altre sostanze di origine fossile	Fanghi e acque reflue, legno e segatura, carta e cartone, grassi animali, farine animali

Box: L'utilizzo di combustibili alternativi

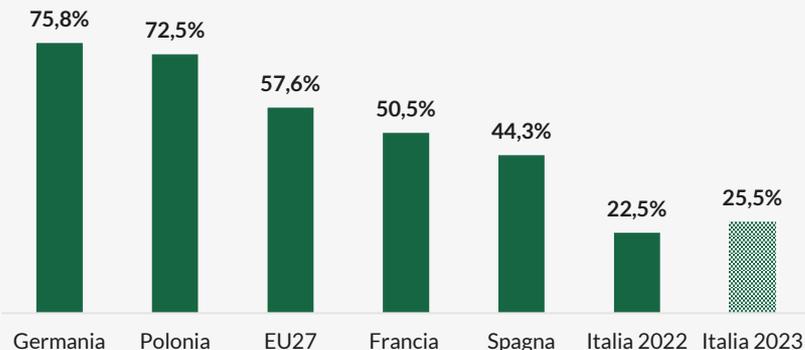
Il tasso di utilizzo di combustibili alternativi per la produzione di clinker è **piuttosto variabile** nei diversi Paesi europei. Sono particolarmente virtuosi Paesi come la **Germania e la Polonia**, dove i combustibili alternativi contribuiscono per **oltre il 70% del mix**. In **Italia**, il valore è **notevolmente inferiore**, pari al **25,5% nel 2023**,

contro una media europea del 57,6%. Ciò è dovuto principalmente a **problemi di accettazione sociale** e a **incertezze e disomogeneità normative sul territorio nazionale**, oltre che a **iter autorizzativi complessi e di lunga durata**.

Quota di calore da combustibili alternativi in Italia



Quota di calore da combustibili alternativi in Europa



Fonte: Federbeton, Global Cement and Concrete Association.

Carbon Capture

Panoramica delle tecnologie e TRL

La Carbon Capture è una tecnologia che consente di **separare le molecole di CO₂ dai fumi di combustione e di processo** di installazioni industriali o centrali di generazione di energia elettrica. Dopo la cattura, la CO₂ viene **trasportata verso siti di stoccaggio permanente** (in questo caso si parla di Carbon Capture and Storage – CCS) **o utilizzata** (Carbon Capture and Utilisation – CCU). Di seguito è riportata una **panoramica delle principali tecnologie di cattura**:

Assorbimento chimico	I fumi vengono inviati a una colonna di assorbimento dove la CO ₂ viene catturata tramite un solvente . Il solvente viene poi inviato al rigeneratore (il cosiddetto <i>stripper</i>) per essere rigenerato , rilasciando la CO ₂ assorbita. Ad oggi, i solventi di riferimento sono quelli a base di ammine , per i quali il TRL è pari a 8-9.	Technology Readiness Level 8-9
Ossicombustione	Tramite un'unità di separazione dell'aria viene prodotto ossigeno puro che viene usato come comburente al posto dell'aria nel processo di calcinazione. In tal modo la concentrazione di CO₂ nei fumi aumenta facilitando la successiva fase di separazione .	Technology Readiness Level 6-8
Separazione criogenica	È possibile catturare la CO ₂ prodotta sfruttandone la differente temperatura di condensazione rispetto agli altri elementi presenti nei fumi. Questa tecnologia consente di ottenere CO₂ già liquefatta per la successiva fase di trasporto.	Technology Readiness Level 6-7

Carbon Capture

Panoramica delle tecnologie e TRL

TSA-PSA	Le tecnologie di Temperature Swing Adsorbition (TSA) e Pressure Swing Adsorbition (PSA) consistono nel passaggio dei fumi attraverso un adsorbitore solido che cattura la CO ₂ . Tramite oscillazioni di pressione o temperatura l'adsorbitore viene poi rigenerato rilasciando la CO ₂ .	Technology Readiness Level 6-8
Calcium looping	Il calcium looping sfrutta l' ossido di calcio (CaO) come sorbente e si basa su due reazioni reversibili: la calcinazione e la carbonatazione . Nella fase di carbonatazione, il sorbente reagisce con la CO₂ nei fumi formando CaCO₃ , che viene inviato a un calcinatore dove viene riscaldato decomponendosi in CaO e un flusso di CO₂ pura . Il CaO può essere riutilizzato per completare il loop.	Technology Readiness Level 7
Calcinazione indiretta	Anche nota come separazione diretta , consiste nella separazione dei processi di calcinazione e combustione fornendo il calore di processo tramite uno scambiatore di calore . Tale soluzione permette di ottenere un flusso di CO₂ pura prodotta dalla reazione di processo . In questo modo il processo di separazione della CO ₂ dai fumi si applicherà solo alla quota prodotta dalla combustione.	Technology Readiness Level 6
Separazione tramite membrana	La separazione dei gas avviene attraverso materiali selettivi . Le membrane gas/gas sfruttano le differenze di diffusività e pressione tra i lati della membrana, mentre quelle gas/liquido utilizzano una superficie microporosa per favorire l' interazione con un liquido assorbente che cattura la CO ₂ . La separazione avviene grazie alle proprietà fisiche o chimiche del materiale.	Technology Readiness Level 4-5

Carbon capture: assorbimento chimico

La tecnologia di cattura a base di ammine

La tecnologia di assorbimento chimico tramite solventi acquosi a base di ammine, come la monoetanolammina (MEA), consente di **catturare fino al 95% della CO₂ prodotta dall'impianto**.

I solventi a base di ammine presentano diversi vantaggi tra cui l'**elevato tasso di assorbimento e l'elevata selettività verso la CO₂**, ma sono altamente **corrosivi**, vanno incontro a una **progressiva degradazione** legata alla presenza di SO₂, NO_x, HCl, HF e ossigeno nei fumi e richiedono un **elevato consumo energetico per la fase di rigenerazione**.

Consumi di energia termica

3.500 MJ/t clk

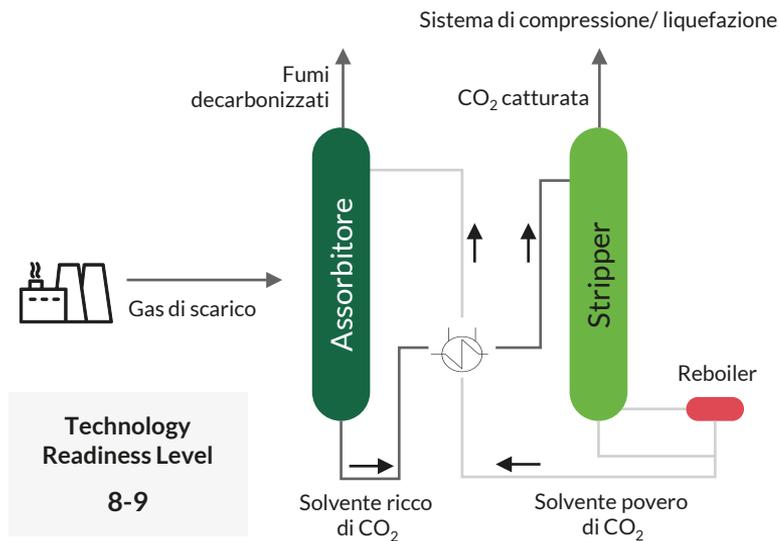
Consumi di energia elettrica

80-129 kWh/t clk

Emissioni evitate

700 kgCO₂/t clk

Diagramma di processo di un impianto di cattura ad ammine



Fonte: European Cement Research Association (2022).

Box: Assorbimento chimico: solventi alternativi

Per sopperire alle principali criticità delle ammine, sono in via di sperimentazione e sviluppo solventi alternativi che consentano di ridurre i consumi energetici della fase di rigenerazione ed evitare i problemi legati alla corrosività. Tuttavia, ad oggi non sono note applicazioni di solventi alternativi con un grado di maturità elevato nell'ambito della produzione del cemento.

Solventi non a base di ammine	Hot Potassium Carbonate	Hot Potassium Carbonate (HPC): solvente introdotto negli anni '50, che opera in pressione a temperature elevate riducendo i costi di rigenerazione, stabile all'ossigeno e che non dà origine a sottoprodotti cancerogeni.
	Sodium Carbonate	Sodium Carbonate: alternativa resistente agli inquinanti, cattura CO ₂ formando bicarbonato. Offre minori problemi di corrosione ma richiede promotori per migliorare il tasso di assorbimento.
Liquidi ionici	Sali organici	Liquidi ionici: caratterizzati da bassa volatilità, elevata stabilità termica e capacità di assorbire selettivamente gas come la CO ₂ . Offrono minori consumi energetici per la rigenerazione ma presentano criticità legate all'elevata viscosità.
Solventi di nuova generazione	Solventi water-free	Solventi water-free: riducendo l'uso di acqua, abbassano i costi energetici di rigenerazione. Comprendono aminosiliconi e miscele organiche, con benefici in efficienza ma talvolta problematiche di formazione di solidi.
	Solventi bifasici	Solventi bifasici: utilizzano fasi separate per una rigenerazione energeticamente più efficiente. Miscele come TETA/etanolo riducono i costi operativi ma necessitano di un controllo preciso delle condizioni.

Fonte: Vega F. et al. (2017).

Carbon capture: ossicombustione

Integrazione con la produzione di cemento

La tecnologia di ossicombustione si basa sull'**utilizzo di ossigeno puro**, prodotto tramite un'unità di separazione dell'aria (ASU), **anziché aria per la combustione all'interno del kiln**, riducendo la presenza di azoto e **aumentando la concentrazione di CO₂ nei fumi** fino all'**80-90%**.

Ciò facilita la cattura e purificazione della CO₂, al contempo richiede maggiore energia elettrica, principalmente per l'ASU e la purificazione. Il **tasso di cattura della CO₂** ottenibile risulta pari al **90-95%**.

Consumi di energia termica

450 MJ/t clk

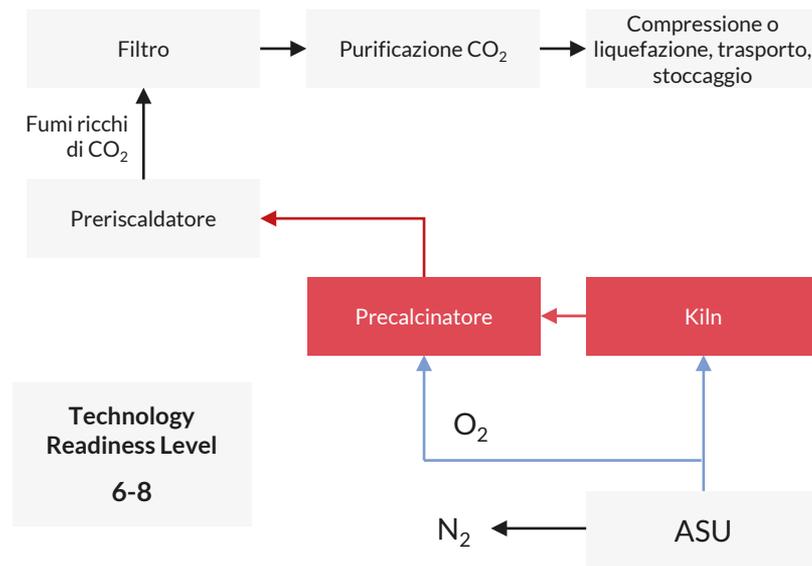
Consumi di energia elettrica

200-250 kWh/t clk

Emissioni evitate

665 kgCO₂/t clk

Diagramma di processo di un impianto di cattura a ossicombustione



Fonte: European Cement Research Association (2022).

4.3

Analisi economica delle soluzioni di cattura

Analisi economica delle soluzioni di cattura

Metodologia e assunzioni

Le analisi sono state effettuate rispetto a una **cementeria di riferimento**, le cui caratteristiche sono state determinate sulla base dell'analisi del mercato italiano, della letteratura scientifica e di interviste con esperti e operatori del settore. È stata considerata una **cementeria a ciclo completo**, dove sono integrate sia le attività di produzione del clinker che quelle del cemento, in quanto le emissioni dirette di CO₂ sono da attribuirsi alla produzione di clinker.

Cementeria di riferimento		
Parametro	Valore	Fonte
Tipologia di impianto	A ciclo completo	-
Tipologia di processo per la cottura del clinker	Cottura per via secca con preriscaldatore e precalcinatore	-
Capacità produttiva	1 Mt clinker/anno	Analisi di mercato e interviste con esperti
Rapporto clinker/cemento	76%	Federbeton / Aitec
Disponibilità	85%	-
Emissioni specifiche (<i>as-is</i>)	0,82 t CO ₂ /t clinker	Federbeton / Aitec

Analisi economica delle soluzioni di cattura

Metodologia e assunzioni

Per le analisi economiche sono state selezionate **tre tecnologie di cattura** sulla base della maturità tecnologica e delle aspettative di sviluppo, portando alla definizione di **tre business case**. È stato inoltre definito un quarto caso, da considerarsi come «**caso base**» nel quale non si considera l'implementazione di alcuna tecnologia di cattura e viene valutato l'impatto economico dovuto alla riduzione progressiva, fino all'azzeramento, delle quote di emissione gratuite relative al meccanismo dell'ETS.

Caso	Caso base	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Soluzioni di cattura	Nessuna soluzione	Assorbimento chimico ad ammine	Ossicombustione	Cattura criogenica e PSA
Costi rilevanti	Spesa per quote EU ETS	CAPEX e OPEX cattura; spesa per quote EU ETS	CAPEX e OPEX cattura; spesa per quote EU ETS	CAPEX e OPEX cattura; spesa per quote EU ETS

Analisi economica delle soluzioni di cattura

Metodologia e assunzioni

In ciascuno dei casi considerati, è stato valutato il costo dell'investimento nella soluzione di cattura, tramite il **Levelised Cost of CO₂ Captured (LCOC)**. È stato anche calcolato un **costo livellato delle emissioni residue (Levelised Cost of Residual**

Emissions - LCORE). Entrambi i costi sono stati utilizzati per **stimare l'impatto dell'investimento, o del mancato investimento, sul costo del clinker e quindi, indirettamente, sul costo del cemento prodotto.**

$$LCOC = \frac{\frac{\sum_t CAPEX_{cattura_t} + OPEX_{cattura_t}}{(1+k)^t}}{\frac{\sum_t CO2_{catturata_t}}{(1+k)^t}}$$

$$LCORE = \frac{\frac{\sum_t Costo_{per\ emissioni\ residue_t}}{(1+k)^t}}{\frac{\sum_t CO2_{emessa_t}}{(1+k)^t}}$$

$$Extra\ costo\ clinker = LCOC \times \left(\frac{CO2_{catturata}}{Clinker\ prodotto} \right) + LCORE \times \left(\frac{CO2_{emessa}}{Clinker\ prodotto} \right)$$

Caso base

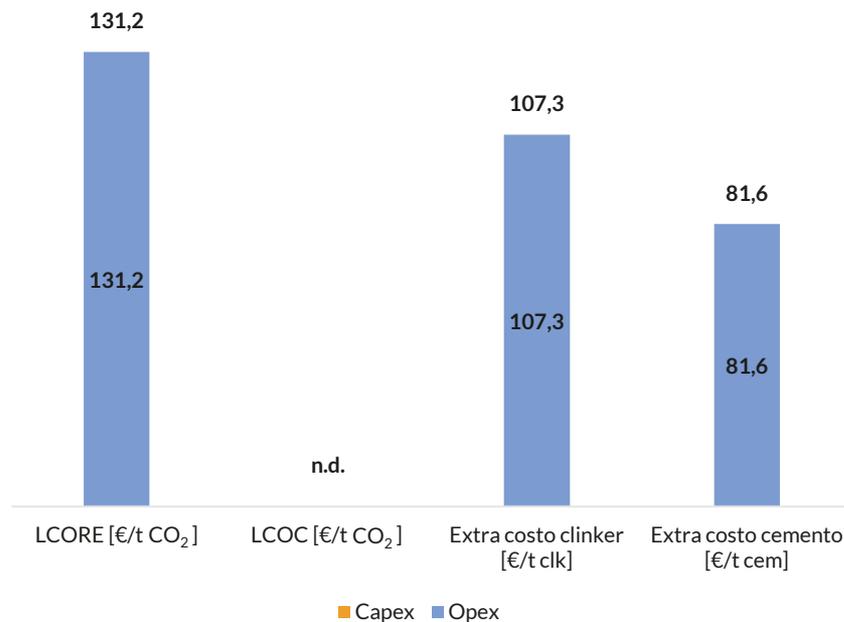
Nessuna soluzione di cattura

Nel caso base, corrispondente al **mancato investimento in soluzioni di cattura**, la cementeria si trova a dover fronteggiare la **progressiva riduzione delle quote ETS assegnate gratuitamente**. Ciò si riflette nel **costo livellato delle emissioni residue (LCORE)**, pari a **131,2 €/t CO₂**.

Di conseguenza, **il costo di produzione del clinker aumenterà di 107,3 €/t** e **il costo di produzione del cemento di 81,6€/t** (considerando un rapporto clinker cemento pari al 76%).

Parametri impianto	
Vita utile	n.d.
Tasso di cattura	n.d.
CAPEX	n.d.
OPEX	n.d.

LCORE, LCOC ed Extra costo del clinker



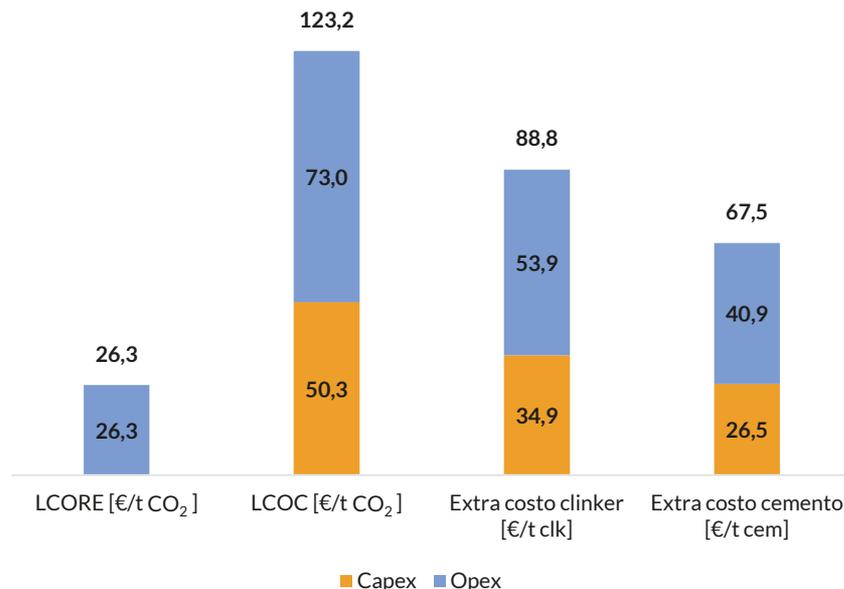
Caso 1: assorbimento chimico tramite ammine

Performance economiche

Nel caso della **cattura per assorbimento chimico tramite ammine** il costo delle emissioni residue si riduce significativamente, ma non si azzera a causa dell'impossibilità di catturare il 100% delle emissioni. Il **LCOC risulta essere pari a 123,2 €/t CO₂**. Considerando l'impatto congiunto di **LCORE e LCOC**, il costo del clinker aumenta di **88,8 €/t**, con un aumento del costo del cemento di **67,5 €/t**.

Parametri impianto	
Vita utile	25 anni
Tasso di cattura	95%
CAPEX	325 mln €
OPEX	45 €/t clinker

LCORE, LCOC ed Extra costo del clinker



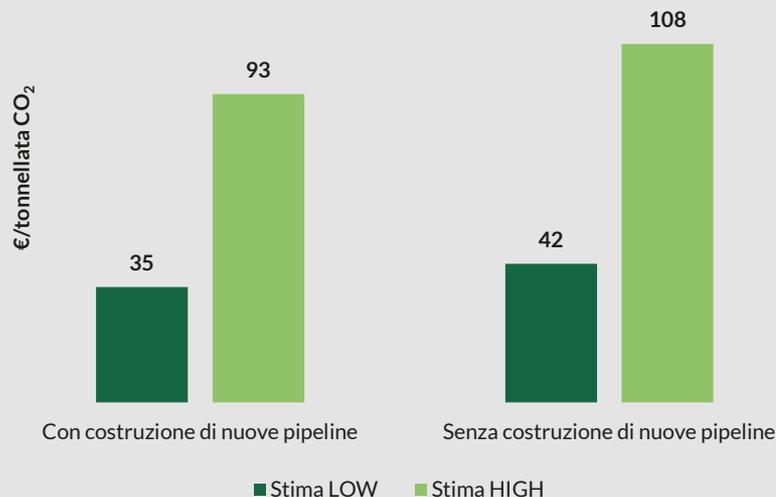
Box: Il costo del trasporto e dello stoccaggio della CO₂

Dopo la fase di cattura, la CO₂ deve essere compressa e/o liquefatta per poter essere **trasportata verso i siti di stoccaggio**. Il trasporto della CO₂ può avvenire **tramite pipeline, via treno, su strada o via mare**.

Il trasporto della CO₂ può richiedere lo sviluppo di un'**infrastruttura dedicata**, con **capex e opex potenzialmente molto elevati** che devono essere **sommati ai costi della sola cattura**.

Ad oggi, i **costi per il trasporto e lo stoccaggio** della CO₂ prodotta dalle cementerie italiane sono **stimati tra i 35 e i 108 €/tCO₂**, a seconda della **vicinanza dell'impianto al sito di stoccaggio di Ravenna** e della **possibilità di realizzare nuove pipeline** che consentirebbero l'ottimizzazione del trasporto.

Costi di trasporto e stoccaggio per la CO₂ prodotta dalle cementerie italiane



Fonte: rielaborazione Energy & Strategy su dati Clean Air Task Force.

Visione d'assieme: costi di cattura, trasporto e stoccaggio

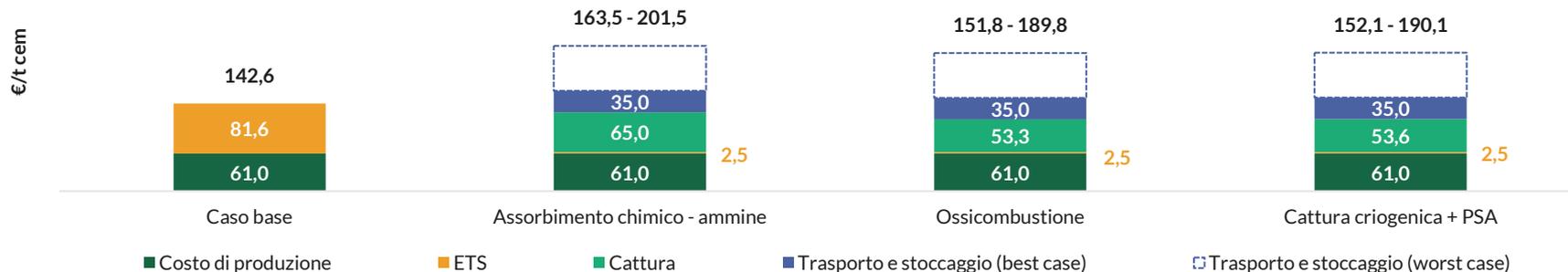
L'impatto della CCS sui costi del cemento

La visione d'assieme dell'analisi economica mostra un **impatto significativo della CCS sul costo di produzione del cemento**. Infatti, se i costi aggiuntivi relativi alla sola fase cattura risultano inferiori rispetto al pagamento delle quote ETS, gli ulteriori costi relativi a trasporto e stoccaggio rendono la **CCS una soluzione non sostenibile se non adeguatamente supportata**. Infatti, l'utilizzo della CCS porterebbe a un **incremento del costo di produzione del cemento pari a 91-141 €/t, che risulterebbe maggiore del 150-230%** rispetto agli attuali 60 €/t). Il risultato evidenzia la **necessità**

di prevedere strumenti di supporto per l'applicazione della CCS nel settore del cemento, dal momento che si tratta di una tecnologia imprescindibile per la decarbonizzazione.

Da ultimo, si evidenzia la **maggior convenienza economica di ossicombustione e cattura criogenica combinata a PSA rispetto alle ammine**. Tuttavia, va sottolineato che la tecnologia alle ammine è considerata il **benchmark di settore ed è ritenuta meno rischiosa per una prima realizzazione su scala**.

Extra costo del cemento dovuto alla CCS



4.4

La cattura di CO₂ in Italia al 2050: gli investimenti necessari

Gli investimenti per la cattura di CO₂ in Italia al 2050

Metodologia e assunzioni

L'obiettivo di questa sezione è **determinare gli investimenti in impianti di cattura di CO₂ necessari per decarbonizzare la produzione di cemento in Italia al 2050**. A tal fine, è stata assunta la **prospettiva di un produttore di cemento** ed è stato valutato **unicamente il capex necessario allo sviluppo degli impianti di**

cattura, mentre non sono stati inclusi gli investimenti nelle infrastrutture di trasporto e stoccaggio.

La stima considera **tre scenari** caratterizzati da **diversi livelli di produzione** al 2050 e diverse **combinazioni di leve di decarbonizzazione**:

Scenario	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Produzione al 2050 [Mt cem/anno] (produzione costante - crescente)	19,3 - 23,3	19,3 - 23,3	19,3 - 23,3
Leve di decarbonizzazione considerate	Carbon capture	<ul style="list-style-type: none">• Carbon capture• Riduzione rapporto clk/cem• Uso di combustibili alternativi	<ul style="list-style-type: none">• Carbon capture• Riduzione rapporto clk/cem• Uso di combustibili alternativi
Rapporto clk/cem considerato al 2050	0,76	0,60	0,60
Energia da biomassa al 2050 [% sul totale dell'energia termica]	10%	20%	50%
CO ₂ catturabile [Mt/anno] (produzione costante - crescente)	11,4 - 13,8	8,3 - 10,0	7,4 - 8,9

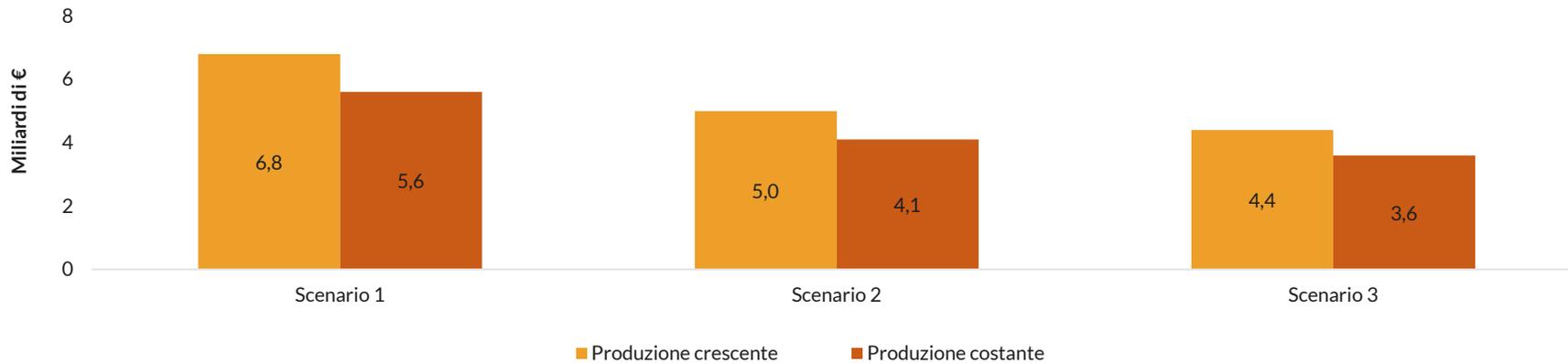
Gli investimenti per la cattura di CO₂ in Italia

Il capex necessario in corrispondenza di diverse combinazioni di leve di decarbonizzazione

Gli investimenti cumulati al 2050 in tecnologie di cattura variano tra i 3,6 e i 6,8 miliardi di euro. In particolare, l'investimento maggiore si rende necessario in corrispondenza di una produzione di cemento crescente e di un mancato ricorso ad altre leve di decarbonizzazione.

Agire sfruttando più leve di decarbonizzazione contemporaneamente consente invece di ridurre l'entità del ricorso alla cattura e, conseguentemente, l'investimento necessario.

Investimenti (capex) in cattura per combinazione di leve di decarbonizzazione



4.5

Driver e barriere alla decarbonizzazione del settore del cemento

I driver per la decarbonizzazione del settore del cemento

La visione degli operatori del settore

Gli operatori del cemento hanno fissato target sfidanti per la decarbonizzazione del proprio settore sulla base di un set di leve individuate. Dall'analisi della letteratura scientifica e dal confronto con gli operatori, è emerso che il raggiungimento degli obiettivi è

favorito da alcuni driver qui di seguito elencati. In generale, emerge che la **stabilità del quadro normativo-regolatorio che permette investimenti di lungo termine** e la **presenza di finanziamenti a livello nazionale e EU** sono i principali fattori abilitanti.

Driver



Normativi-regolatori

La progressiva **riduzione** (e azzeramento nel 2034) delle **quote ETS in allocazione gratuita** incoraggia il ricorso alle leve di decarbonizzare per abbattere le emissioni evitando aumento incontrollabile costi. Inoltre, tale riduzione comporta un aumento delle risorse da ETS disponibili nell'Innovation Fund.

Il **Decreto End-Of-Waste** (DM n.152 del 27 settembre 2022) - che stabilisce i criteri specifici nel rispetto dei quali i **rifiuti inerti da costruzione e demolizione (C&D waste)** e altri rifiuti di origine minerale cessano di essere rifiuti dopo adeguate operazioni di recupero - ha sicuramente agevolato l'utilizzo di materiali di sostituzione per la produzione di cemento.

Il **DL Semplificazioni** ha semplificato il ricorso al **CSS-Combustibile**.

L'introduzione della norma **EN 197-6** (UNI EN 197-6 in Italia) sulla **standardizzazione dei cementi a base di RCF (Recycled concrete fines)** rappresenta un passo in avanti nello sviluppo di pratiche di economia circolare nel settore della produzione del cemento e delle costruzioni.

Le pratiche di **green public procurement** (appalti pubblici verdi) incoraggiano il ricorso a materiali con minore impatto ambientale (es. **criteri ambientali minimi - CAM** per interventi edilizi disciplinati dal Codice dei contratti pubblici).

I driver per la decarbonizzazione del settore del cemento

La visione degli operatori del settore

Driver	
Normativo-regolatori 	<p>L'entrata in vigore del Decreto Aree idonee per le rinnovabili nel luglio 2024 potrebbe agevolare la produzione di energia elettrica da rinnovabili in-house in aree di cava dismesse o in terreni adiacenti all'impianto.</p> <hr/> <p>In alcune regioni, le delibere regionali hanno permesso il ricorso e l'utilizzo di CSS.</p>
Economico-finanziari 	<p>La disponibilità (che risulta tuttavia non sufficiente per garantire la completa decarbonizzazione del settore del cemento) di alcuni programmi di finanziamento dedicati rappresenta un incentivo fondamentale (Innovation Fund, in primis).</p>
Altro 	<p>La collaborazione intra-settoriale e il dialogo con il MASE agevola il percorso condiviso verso la decarbonizzazione del settore del cemento.</p>

Le barriere alla decarbonizzazione del settore del cemento

La visione degli operatori del settore

Nonostante i sopracitati elementi abilitanti la decarbonizzazione del settore, dal confronto con gli operatori e dalla review di letteratura sono emersi diversi fattori ostativi. La **manca** **za di un quadro normativo regolatorio stabile sulla CCUS** (questione attualmente aperta sul tavolo del MASE), i **lunghi processi**

autorizzativi per l'utilizzo di combustibili alternativi e per il **ricorso a materiali di scarto** come materiali di sostituzione nonché i **cofinanziamenti nazionali ritenuti insufficienti** sono le principali barriere individuate.

Barriere



Normative-regolatorie

Nonostante l'entrata in vigore del Decreto Energia a inizio 2024, che avrebbe dovuto portare a semplificazioni normative nel panorama legislativo relativo alla sicurezza energetica e al ricorso alle fonti rinnovabili, si ritiene che il nostro Paese sia ancora caratterizzato da una significativa **stratificazione normativa** che rallenta il percorso di transizione.

Il **Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)** non viene percepito come misura realmente efficace a protezione della competitività dell'industria europea del cemento, potenzialmente minacciata da ingenti importazioni da Paesi extra-UE di cemento «tradizionale», preferito dal mercato in termini di costi e performance. I controlli e il sistema di protezione previsto dal CBAM non è ritenuto sufficiente.

Il supporto del policy-maker nazionale alle attività di **sensibilizzazione verso le comunità locali** su temi quali l'utilizzo di combustibili alternativi (CSS) o la realizzazione dell'infrastruttura per CCS (pozzi di stoccaggio) è ritenuto insufficiente.

I **processi di permitting** (es. per utilizzo combustibili alternativi, accesso e utilizzo a materiali di scarto come materiali di sostituzione, ecc..) sono estremamente **lunghi e complicati**. Inoltre, si evidenzia la mancanza di allineamento tra l'uso di combustibili alternativi e le politiche di «waste management».

Al momento, **non esiste una normativa che richiede il rispetto di standard di decarbonizzazione nella produzione di cemento**. Ciò è lasciato alla libera iniziativa del singolo produttore.

Le barriere alla decarbonizzazione del settore del cemento

La visione degli operatori del settore

Barriere	
Normative-regolatorie 	<p>Non esiste – al momento – un sistema di standardizzazione per le nuove formulazioni di cemento low carbon. Inoltre, gli standard attualmente in vigore impongono una certa % di clinker nella composizione ostacolando lo sviluppo di nuove tipologie di cemento.</p>
	<p>Si evidenzia la mancaanza di un quadro-normativo regolatorio chiaro sulla CCS. Il tavolo MASE sulla CCS avanza, ma non è ancora certa la data di chiusura. Ciò risulta bloccante per l'intervento del MIT. Questo ritardo pone l'Italia in una situazione di svantaggio in partenza rispetto ad altri Paesi. Gli operatori che vogliono portare avanti progetti innovativi in Italia (magari concorrendo per ottenere finanziamenti, es. Innovation Fund) non hanno alle spalle uno schema regolatorio noto.</p>
Economico-finanziarie 	<p>L'esposizione alle importazioni di cemento estero a prezzi competitivi e con alte prestazioni minaccia l'industria europea del settore, nonostante l'introduzione del CBAM.</p>
	<p>Gli operatori evidenziano la mancaanza di certezza e pianificazione sul lungo periodo del sistema degli incentivi disponibili per il settore.</p>
	<p>Gli investimenti da realizzare in tecnologie per la decarbonizzazione sono molto elevati e non adeguatamente supportati dall'intervento del policy maker nazionale. Rispetto ad altri paesi, in Italia il co-finanziamento dei progetti è estremamente basso (vs. altri paesi come la Norvegia) e non permette di coprire neanche il 50% dei CAPEX.</p>
	<p>I finanziamenti disponibili sono sufficienti per la realizzazione di progetti pilota ma non per l'implementazione su scala industriale. Ciò espone gli operatori che vogliono implementare tecnologie innovative su larga scala a rischi elevatissimi.</p>
	<p>In Italia, non esistono sistemi di premialità per chi produce cemento low carbon. Tutto è lasciato all'iniziativa dei singoli produttori.</p>
	<p>I costi per il trasporto e lo stoccaggio della CO₂ non possono ricadere solo sugli operatori del cemento.</p>

Le barriere alla decarbonizzazione del settore del cemento

La visione degli operatori del settore

Barriere	
Tecnologiche 	<p>La maggior parte delle emissioni del settore del cemento sono emissioni di processo (legate alla produzione di clinker). Ciò restringe il perimetro delle tecnologie per la decarbonizzazione che si possono impiegare.</p>
	<p>In generale, vi è ancora molta incertezza riguardo alle tecnologie innovative attualmente disponibili. I costi per l'implementazione di queste su larga scala industriale sono ancora molto elevati e non adeguatamente supportati dall'intervento del policy maker (nazionale e UE).</p>
	<p>Per i costi di sviluppo ancora molto elevati, basso livello di maturità tecnologica e problemi di sicurezza, l'idrogeno non può ancora essere considerato una valida alternativa. Vi sono diversi impianti pilota, ma non ancora un'applicazione su scala industriale.</p> <p>L'utilizzo dei CSS (Combustibili solidi secondari) varia da regione a regione a seconda del consenso delle comunità locali.</p>
Infrastrutturali 	<p>Vi evidenzia la mancanza di infrastrutture (pipeline e campi di stoccaggio) e di una value chain completa per la CCUS.</p>
Altro 	<p>Il percorso verso la decarbonizzazione del settore comporta un cambio di rotta anche a livello organizzativo interno alle aziende del settore. Talvolta, si possono riscontrare episodi di resistenza al cambiamento o la carenza di competenze/skills per la transizione.</p>



Il supporto alla decarbonizzazione per i settori «hard-to-abate»

Strumenti di finanziamento e raccomandazioni di policy

CAP.

05



L'Innovation Fund

Il supporto europeo alla decarbonizzazione

L'Innovation Fund⁽¹⁾ è il principale programma dell'Unione Europea per **promuovere lo sviluppo e l'adozione di tecnologie e processi innovativi per la decarbonizzazione dell'industria europea** e per supportare la transizione dell'economia verso il *net zero*. Il fondo è alimentato dai **ricavi provenienti dalla vendita all'asta delle quote di emissione del meccanismo ETS**.

Considerando la recente revisione del meccanismo ETS, che ne ha rafforzato il funzionamento includendo nell'ambito di applicazione anche i settori del trasporto marittimo e aereo e aumentando la disponibilità di quote per il periodo 2020-2030 (da 450 a 530 milioni), **le risorse a disposizione del fondo sono stimate⁽²⁾ pari a 40 miliardi di €**.

(1) I dati relativi all'Innovation Fund presentati in questo capitolo sono aggiornati a ottobre 2024.

(2) Assumendo un prezzo medio delle quote ETS pari a 74 €/t CO₂.

Fonte: Commissione Europea.



L'Innovation Fund

I contributi stanziati per macrosettore

Considerando i **7,42 miliardi di euro di contributi assegnati tramite l'Innovation Fund**, il **54%** (circa 4 miliardi di euro) fanno riferimento a finanziamenti dedicati ai **settori industriali hard-to-abate**. Un ulteriore **20%** (**1,45 miliardi di euro**) è stato assegnato a **progetti relativi alla filiera dell'idrogeno**, mentre i finanziamenti a **supporto delle energie rinnovabili** ammontano a circa **1,18 miliardi di euro** (circa il 16% del totale).

I contributi a supporto dello sviluppo di un'**infrastruttura di trasporto e stoccaggio della CO₂** rappresentano una parte limitata del contingente, pari al **6%** circa del totale (0,48 miliardi di euro).

Contributi per categoria di progetto



Fonte: Commissione Europea.

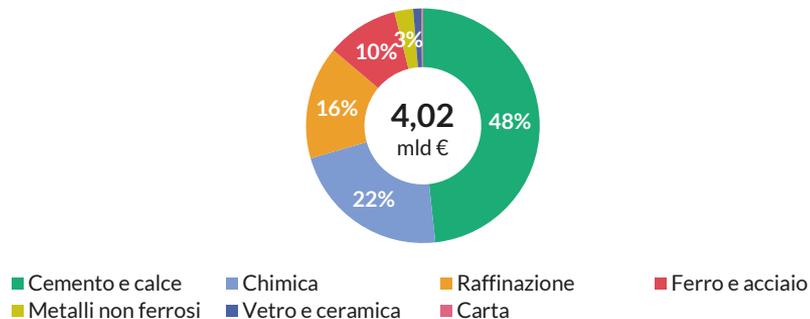
L'Innovation Fund

I contributi per l'industria «hard-to-abate»

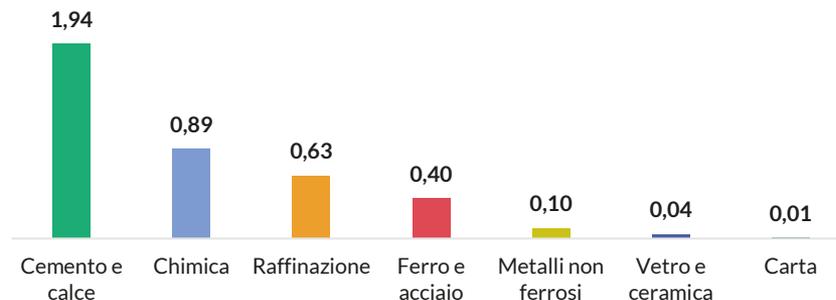
Considerando il totale dei contributi dell'Innovation Fund relativi a progetti di decarbonizzazione nell'ambito dei **settori hard-to-abate** i finanziamenti maggiori, **pari a circa 1,94 miliardi di euro (il 48% del totale)**, sono stati destinati a progetti relativi al settore del **cemento e della calce**.

Seguono **l'industria chimica con 0,89 miliardi di euro di finanziamenti (pari al 22% circa) e la raffinazione⁽¹⁾ con 0,63 miliardi (16% del totale)**. I contributi per progetti afferenti all'**industria dei metalli** ammontano a un **totale di 0,5 miliardi di euro**, per la **maggior parte dedicati al settore del ferro e dell'acciaio** (0,4 miliardi, corrispondenti al 10% dei finanziamenti erogati all'industria hard-to-abate).

Contributi in miliardi di € per settore



Contributi in miliardi di € per settore



(1) Il settore della raffinazione include progetti di decarbonizzazione relativi a raffinerie e bioraffinerie. Fonte: Commissione Europea.

L'Innovation Fund

Progetti e finanziamenti per Paese

Analizzando l'Innovation Fund per Paese, si osserva che il valore dei finanziamenti **in Italia rappresenta appena il 2,2%** dei 7,42 miliardi di euro di contributi, contro l'**11,7% della Germania**, il **10,9% della Spagna** e il **6,9% della Francia**. L'importo totale dei finanziamenti in Italia è pari a **164,3 milioni di euro**, una **cifra marginale** se confrontata, ad esempio, con i 4 miliardi di euro necessari ai soli investimenti in carbon capture nel settore del cemento.

Inoltre, nel nostro Paese sono stati supportati **11 progetti**, con un **contributo medio per progetto corrispondente a 14,9 milioni di euro**, contro una **media europea di 56,6**. L'importo totale dei finanziamenti, inferiore rispetto a quello degli altri Paesi, e la **taglia dei progetti mediamente più piccola**, sono un segnale evidente dell'**incapacità di partecipare efficacemente** ai bandi dell'Innovation Fund, sintomo del clima di **incertezza strategica e normativa che frena la pianificazione e lo sviluppo di grandi progetti**.

Percentuale dei finanziamenti dell'Innovation Fund destinati ai principali Paesi



Fonte: Commissione Europea.

Box: Altri programmi di finanziamento a livello UE: il Fondo InvestEU

InvestEU è il programma per il **rilancio degli investimenti nell'UE per il periodo 2021-2027** a sostegno della *ripresa sostenibile* dell'Unione Europea. Il **Fondo InvestEU** offre una garanzia di bilancio dell'Unione pari a **26,2 miliardi di €**. Il 75% delle risorse sono veicolate tramite la Banca Europea degli Investimenti (BEI) e il Fondo Europeo per gli Investimenti (FEI), il 25% tramite altri partner esecutivi.

Il Fondo InvestEU prevede **quattro aree di intervento**, tra cui **infrastrutture sostenibili** e **ricerca, innovazione e digitalizzazione**. Tra i progetti finanziabili nel periodo 21-27, 156 afferiscono all'ambito «**Unione dell'Energia**» e 162 all'ambito «**Trasporti**».

Tuttavia, non risultano **progetti specificatamente concepiti per la decarbonizzazione dei settori hard-to-abate** per i quali sarebbe necessario un focus *ad hoc* (es. in ambito CCS, risulta presente un solo progetto finanziabile).

Aree di intervento	
Infrastrutture sostenibili	Ricerca, innovazione e digitalizzazione
9,9 mld€ tra cui, trasporto sostenibile, infrastrutture per le fonti energetiche rinnovabili, tecnologie innovative per la decarbonizzazione.	6,6 mld€ tra cui, R&D per tecnologie low e zero carbon e trasferimento dei risultati della ricerca al mercato.
Perimetro d'interesse	
PMI	Investimenti sociali e competenze
6,9 mld€	2,8 mld€

Fonte: Commissione Europea

Box: Altri programmi di finanziamento a livello UE: il Connecting Europe Facility

Il Connecting Europe Facility è lo strumento di finanziamento dell'UE per gli **investimenti strategici** nelle **infrastrutture interconnesse a livello EU** nei settori dei **trasporti**, dell'**energia** e dei **servizi digitali**. Si riportano le aree di intervento e gli stanziamenti previsti per il periodo 2021-2027 con particolare attenzione, dato lo scopo del presente Report, all'ambito energia (**programma CEF-Energy**).

Dal 2023, la Commissione ha adottato il **primo elenco dei progetti di interesse comune PIC** (progetti intra EU) e **progetti di interesse reciproco PIR** (progetti tra Paesi UE ed altri paesi) in ambito **trasporto e stoccaggio energia elettrica, smart grid elettrica e gas e trasporto e stoccaggio CO₂**.

Su un totale di 166 progetti selezionati, **65 sono relativi a idrogeno ed elettrolizzatori** e **14 riguardano l'infrastruttura per CCS**.

Tuttavia, **il programma non investe direttamente i settori Hard-to-Abate**, ma offre un valido supporto nel finanziamento delle **infrastrutture energetiche**.

Fonte: Commissione Europea

Aree di intervento	
Energia	Trasporti
5,84 mld€ Il programma CEF-Energy , avviato nel 2013, si fonda sul Regolamento TEN-E, il quale promuove a livello normativo lo sviluppo e l'interconnessione delle infrastrutture energetiche in UE (infrastrutture elettriche, pipeline, elettrolizzatori e stoccaggio per l'idrogeno, infrastrutture per la CCS).	6,6 mld€ tra cui, R&D per tecnologie low e zero carbon e trasferimento dei risultati della ricerca al mercato
	Servizi digitali
	1,6 mld€

Perimetro d'interesse

Il PNRR italiano

Overview degli investimenti e delle riforme sulle tecnologie di interesse

La mancanza di adeguati finanziamenti a livello UE per i settori HtA si ritrova anche nel panorama nazionale. Difatti, nonostante il PNRR preveda **diversi investimenti** (in ambito di elettrificazione, idrogeno, biocombustibili ecc.) che possono **impattare indirettamente** sui settori hard-to-abate, si evidenzia la **totale mancanza di misure di finanziamento a tecnologie specifiche direttamente legate alla decarbonizzazione dei settori hard-to-abate**, come la carbon capture, essenziale per settori come il cemento.

Missione/Componente	Investimento	Risorse (Mld€)
M2.C2	3.2 Utilizzo idrogeno in settori HtA	0,4
M2.C2	3.3 Sperimentazione H ₂ per trasporto stradale	0,23
M2.C2	3.1 Produzione H ₂ in aree industriali dismesse	0,5
M7 (Scale-up)	3.1 Produzione H ₂ in aree industriali dismesse	0,01
M2.C2	3.5 Ricerca e sviluppo sull' H ₂	0,3
M2.C2	5.2 Idrogeno	0,45
M2.C2	4.3 Sviluppo infrastrutture di ricarica elettrica	0,74
M2.C2	5.1 Rinnovabili e batterie	1
M2.C2	1.4 Sviluppo biometano	1,91
M2.C1	1.2 Progetti "faro" di economia circolare	0,6
M3.C2	2.3 Cold ironing	0,4
M7	8. Approvvigionamento materie prime critiche	0,05
M7	15. Transizione 5.0 – Autoconsumo e produzione	1,9
M7	16. Sostegno per l'autoproduzione rinnovabili PMI	0,3
	Totale	8,79

Le misure propedeutiche alla creazione di una **filiera nazionale dell'H₂** e alla sua applicazione a livello **industriale e dei trasporti non sono ritenute sufficienti**

Gli investimenti previsti in ambito di **batterie e infrastruttura elettrica investono solo indirettamente** i settori hard-to-abate

Totale assenza di misure in ambito di **Carbon Capture Utilisation and Storage (CCUS)**

Fonte: PNRR.

Box: Bonus nazionale «Camion Green» 2024



Il D.M. del Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti del 6 agosto 2024 disciplina le modalità di erogazione del Bonus «Camion Green» introdotto nel 2021 per **incoraggiare gli investimenti per la riconversione del parco veicoli in ottica green** da parte nel settore dell'autotrasporto. Le risorse, che per il 2024 ammontano a **25**

mln€, sono destinate alle **imprese di autotrasporto di merci per conto terzi** e devono essere destinate all'acquisto di **veicoli commerciali** con massa complessiva a pieno carico **≥3,5 t a metano (GNC e GNL), ibridi (diesel/elettrico) o elettrici** nonché all'acquisto di **dispositivi per il retrofitting**.

Cosa prevede la misura ⁽¹⁾	
Mezzo	Incentivo
Veicoli a metano GNC e ibridi (3,5-7 t)	4.000€
Veicoli elettrici (3,5-7t)	14.000€
Veicoli elettrici (>7t), a metano GNC o GNL e ibridi (>16t)	24.000€
Veicoli a metano GNC e ibridi (7-16t)	9.000€
Retrofit veicoli (<3,5t)	40% (max 2k€)

Criticità

Come evidenziato dal focus presentato nel terzo capitolo del rapporto, il **capex necessario all'acquisizione di un veicolo pesante elettrico (BEV) è circa 2,3 volte superiore a quello necessario all'acquisizione di un veicolo alimentato a gas naturale (GNC o GNL)**. Inoltre, il costo aggiuntivo dell'investimento in camion BEV al 2030 è stimato in **1,7 miliardi di euro**. Appaiono quindi evidente la **limitatezza e l'inadeguatezza delle risorse**, con un contingente totale che rappresenta **appena l'1,5% degli investimenti necessari** e un **incentivo non differenziato per tipologia di alimentazione**, che risulta totalmente inefficace nel promuovere l'adozione di veicoli a zero emissioni. Per sostenere la decarbonizzazione del trasporto merci su strada è **essenziale strutturare un incentivo pluriennale adeguato** che possa supportare gli investimenti richiesti.

(1) Sono previsti ulteriori incentivi nel caso della rottamazione di veicoli. **Fonte:** Decreto MIT del 6 agosto 2024.

Proposte di policy per i settori «hard-to-abate»

Sulla base dell'analisi condotta, si propongono di seguito tre principali **raccomandazioni di policy con riferimento ai programmi di finanziamento** che potrebbero agevolare il percorso verso la decarbonizzazione dei settori hard-to-abate considerati.

1

A livello italiano, **a fronte della totale mancanza di risorse disponibili per la CCUS**, indispensabile per i settori hard-to-abate, si ritiene **necessario lo stanziamento di fondi** propedeutici allo sviluppo di infrastrutture per la cattura, il trasporto e lo stoccaggio della CO₂ coerentemente con la priorità che il MASE ha conferito al tema con l'istituzione del Comitato CCS. Per massimizzarne l'efficacia, tali investimenti devono **supportare sia il capex che l'opex dei progetti** (questi ultimi hanno, come mostrato nel capitolo 4, un'incidenza significativa sulle performance economiche degli impianti) e devono essere concepiti come cumulabili tra loro e integrabili con i programmi di funding a livello UE.

2

In relazione alla mancanza di risorse sufficienti a livello europeo specificatamente destinate alla decarbonizzazione dei settori industriali e dei trasporti hard-to-abate, si auspica che **altri programmi di finanziamento**, oltre all'Innovation Fund, possano essere **rimodulati** per veicolare risorse direttamente ai settori in oggetto.

3

Al fine di evitare un'inutile dispersione di risorse, i programmi di finanziamento dovrebbero essere strutturati non soltanto in funzione del TRL delle tecnologie, ma anche **in relazione alla reale capacità dei progetti di abbattere la CO₂** grazie all'applicazione delle stesse, in un'ottica di massimizzazione del risultato a parità di input economico e con la prospettiva di prevedere un'effettiva implementazione di queste ultime in ambito industriale di larga scala.



Imprese Partner

CAP.

06





Alperia è il più grande provider di servizi energetici dell'Alto Adige e una delle maggiori aziende italiane nel settore della Green Energy. Siamo sostenibili per natura: da oltre 120 anni produciamo energia rinnovabile con la forza dell'acqua.

Siamo un'azienda orientata al futuro che offre servizi energetici sostenibili al 100%: le nostre attività spaziano dalla produzione di energia rinnovabile, alla gestione della rete elettrica e di sistemi di teleriscaldamento, dalla fornitura di luce e gas green, fino a soluzioni per la mobilità elettrica e l'efficienza energetica.

La transizione energetica è per noi un tema urgente e non più rinviabile. Viviamo un momento storico determinante per il futuro, anni fondamentali per ripensare il nostro approvvigionamento energetico e rivedere le nostre abitudini di consumo.

Per questo sviluppiamo soluzioni tecnologiche innovative, orientando i nostri sforzi per un presente più smart e green e sia-

mo al fianco di tutti coloro che insieme a noi vogliono intraprendere questa strada, come partner per la transizione energetica.

Dal 2020 siamo la prima azienda di servizi pubblici Carbon Neutral d'Italia (per compensazione delle emissioni operative). Ora vogliamo raggiungere il NET ZERO entro il 2040, riducendo e compensando le emissioni di gas serra e promuovendo la produzione di energia a basse emissioni.

A dimostrazione del nostro impegno per la sostenibilità, il Financial Times ci ha designato come una delle aziende leader nella protezione del clima a livello europeo; di fatto Alperia risulta 55a a livello europeo nella lista "European Climate Leaders 2023", riconoscendone i progressi nella riduzione delle emissioni di gas serra e il concreto impegno nella protezione dell'ambiente.



Cassa Depositi e Prestiti (CDP), dal 1850, promuove lo sviluppo sostenibile del Paese, impiegando risorse finanziarie raccolte prevalentemente attraverso il risparmio postale.

Insieme alle società del Gruppo, CDP sostiene l'innovazione, la crescita e l'internazionalizzazione delle imprese, finanzia la realizzazione delle infrastrutture e gli investimenti delle Pubbliche Amministrazioni, offrendo anche consulenza tecnica nelle fasi di programmazione e progettazione delle opere.

Sostiene le politiche di valorizzazione del patrimonio immobiliare pubblico e investe nell'edilizia sociale e scolastica, nella formazione, nell'arte e nella cultura. CDP, inoltre, è operatore chiave della cooperazione internazionale, finanziando, anche in partnership con soggetti pubblici e privati, progetti finalizzati al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

CDP è infine azionista di primarie aziende italiane operanti in settori strategici, con le quali promuove iniziative congiunte volte a favorire lo sviluppo dei settori industriali e delle filiere.



CGT è una storica azienda italiana, nata nel 1934, dealer Caterpillar e parte del Gruppo internazionale TESYA, con 1200 persone e 28 filiali dirette in Italia. CGT ha una Divisione Energia dedicata alla progettazione, alla realizzazione e alla manutenzione di impianti per la produzione energetica che assicurano la maggior efficienza con il minor costo possibile per kW prodotto. CGT Energia è un partner commerciale e tecnico di riferimento in Italia nell'offerta di soluzioni "chiavi in mano" - progettazione, realizzazione, manutenzione e monitoraggio da remoto - per impianti di cogenerazione adatti a qualsiasi contesto industriale e del terziario. Grazie all'esperienza maturata in questi anni, CGT accompagna i propri clienti facendosi carico dell'intero progetto, partendo dai bisogni del cliente e disegnando la soluzione più efficiente e sostenibile che si integra in modo flessibile con il processo industriale. L'ampia gamma di soluzioni propone sistemi di generazione dai 100 kWe ai 4.500 kWe (per singola unità), con possibilità di alimentazione a gas naturale, biogas e idrogeno.

La consulenza continuativa e l'assistenza personalizzata sono assicurate durante tutte le fasi del progetto, anche dopo la messa in servizio, supportando i Clienti con differenti servizi integrati.

CGT fornisce anche la supervisione e il telecontrollo a distanza dell'impianto grazie al sistema "Energy Report", rendendo disponibile una reportistica periodica all'utente. Pone massima attenzione alla sostenibilità delle soluzioni offerte grazie alla migliore integrazione di tecnologie, ai prodotti che garantiscono la massima efficienza nella produzione di energia e ai monitoraggi degli aspetti ambientali della generazione (risparmio energia primaria, emissioni di CO2 evitate).



Edison è società leader dell'energia, con 140 anni di storia e primati che ne fanno il più antico operatore del settore in Europa. L'azienda, che avviò l'attività a Milano nel dicembre 1883, ha inaugurato l'inizio di una nuova era attraverso il processo di elettrificazione del Paese, contribuendo in modo tangibile al progresso sociale, culturale, economico ed industriale italiano. Oggi Edison impiega oltre 5.500 persone, operando in Italia ed Europa nella produzione rinnovabile e low carbon, nell'approvvigionamento e vendita di gas naturale, nella mobilità sostenibile, e attraverso Edison Energia ed Edison Next nei servizi energetici, ambientali e a valore aggiunto per clienti, aziende, territori e Pubblica Amministrazione. Il Gruppo è impegnato in prima linea nella sfida della transizione energetica, in coerenza con i Sustainable Development Goals dell'Onu e le politiche europee di decarbonizzazione. Edison ha un parco di produzione di energia elettrica altamente flessibile ed efficiente, composto da 200 centrali tra impianti idroelettrici, eolici, solari e termoelettrici a ciclo combinato a gas ad alta efficienza per una

potenza complessiva di circa 7 GW; e soddisfa l'approvvigionamento di GNL e gas naturale al Paese, grazie a un portafoglio ampio e altamente diversificato pari a 12,6 miliardi di metri cubi all'anno. Nel 2021 Edison ha istituito la Fondazione EOS, Edison Orizzonte Sociale, la fondazione d'impresa con cui la società consolida il proprio impegno sociale contribuendo con le proprie persone e competenze agli obiettivi dell'Agenda 2030.

Edison NEXT sviluppa, realizza e gestisce impianti di produzione di biometano, sia gassoso che liquido, a partire da materiale organico di risulta come la frazione organica dei rifiuti solidi urbani e gli scarti della filiera agricola o alimentare. Aiutiamo i nostri clienti ed i territori a gestire in modo intelligente il problema dei rifiuti.



Eni è una global energy tech company presente in 62 Paesi, con oltre 30.000 dipendenti.

Nata come compagnia oil & gas, oggi si è trasformata in una società integrata dell'energia: ricopre un ruolo di primo piano nel garantire la sicurezza energetica e gioca un ruolo centrale nella transizione energetica.

Ha l'obiettivo di raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050, attraverso la decarbonizzazione dei propri processi e dei prodotti che vende ai propri clienti.

In linea con questo obiettivo, Eni investe nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie in grado di accelerare la transizione verso un'energia sempre più sostenibile, di cui fonti rinnovabili, biocarburanti, cattura e stoccaggio della CO2 sono solo alcuni esempi insieme a tecnologie game-changer come l'energia da fusione.

A supporto della propria trasformazione e del percorso di transizione, Eni ha costi-

tuito alcune società satellite, costruendo così una struttura che contribuisce a liberare nuovi investimenti nei settori strategici di attività.

Tra queste ci sono Plenitude, presente sul mercato con un modello di business distintivo che integra la produzione da rinnovabili, la vendita di energia e soluzioni energetiche e un'ampia rete di punti di ricarica per veicoli elettrici; Enilive, società dedicata alla bioraffinazione, alla produzione di biometano, alle soluzioni di smart mobility, tra cui il car sharing Enjoy, e alla commercializzazione e distribuzione di tutti i vettori energetici per la mobilità, anche attraverso le oltre 5.000 Enilive Station in Europa.

Tra le altre società, Versalis è impegnata nel percorso di trasformazione in un'azienda chimica sempre più sostenibile e specializzata, con un forte impegno per la circolarità e decarbonizzazione; Eni Rewind, è focalizzata sulle bonifiche e la gestione dei rifiuti con soluzioni efficaci per clienti pubblici e privati, in Italia e all'estero.



EPQ è uno dei primi operatori in Italia nell'offerta di servizi in ambito flessibilità: EPQ aggrega risorse di consumo, generazione e accumuli offrendo servizi di flessibilità ai gestori della rete nazionale e locale. L'obiettivo è la massimizzazione del valore di asset di generazione e consumo, concretizzando le opportunità offerte dall'innovazione tecnologica, dall'evoluzione normativa e dal contesto di mercato.

Per accompagnare i propri clienti industriali e commerciali nel percorso verso la decarbonizzazione EPQ ha sviluppato modelli innovativi di approvvigionamento green. Il progetto Renewability, ideato da EPQ, nasce per investire in impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e consentire ai suoi membri di approvvigionarsi dell'energia green prodotta dagli stessi. Da consumatori, i membri diventano così "Prosumer", proprietari attraverso Renewability di impianti rinnovabili, e ricevono l'energia prodotta dalla loro quota di impianti al solo costo operativo, senza alcun legame con i prezzi di mercato dell'energia.

EPQ è oggi tra i principali operatori attivi nell'offerta di servizi di aggregazione nell'ambito dell'Energy release, una misura fondamentale per sostenere la transizione energetica dei settori industriali nazionali maggiormente esposti alla concorrenza internazionale.



GETEC Italia S.p.A., con oltre 1.000 dipendenti, 6.000 impianti gestiti e più di 15 sedi sul territorio nazionale, fa parte del gruppo multinazionale GETEC con Headquarter in Germania. L'azienda è una ESCo specializzata nella fornitura di soluzioni all'avanguardia per l'efficienza energetica e la sostenibilità in Italia sviluppando soluzioni energetiche con benefici economici e ambientali per i propri clienti. GETEC Italia progetta, costruisce e gestisce asset energetici nei settori Pubblico, Industriale, Sanità Privata e Private Real Estate.



Genera è una Energy & Sustainability Service Company (ESCO) certificata UNI CEI 11352, partecipata dal fondo d'investimento SUSI Energy Transition Fund, che offre soluzioni "as a service" per la decarbonizzazione, l'efficienza energetica e di processo, la generazione distribuita di energia da fonti rinnovabili, nel rispetto dei più alti standard di sostenibilità secondo i criteri ESG (environmental, social, governance).

SUSI Energy Transition Fund, azionista di maggioranza in Genera, è gestito da SUSI Partners, operatore svizzero che investe in tutto lo spettro della transizione energetica, con presenza in EU, USA, Australia, contribuendo in modo significativo al raggiungimento della neutralità globale delle emissioni di gas serra.

Grazie alle competenze interdisciplinari del proprio team e alla capacità d'investimento di SUSI Partners, Genera affianca imprese e pubbliche amministrazioni nella realizzazione di misure per la transizione energetica, proponendo soluzioni contrat-

tuali e finanziarie estremamente personalizzate in base alle esigenze produttive e di performance del Cliente: ci occupiamo, infatti, di progettare, realizzare e gestire gli interventi individuati, investendo fino al 100% dei capitali necessari, assumendo il rischio tecnico e finanziario mediante contratti a garanzia di risultato.

Nel settore industriale gestiamo impianti di cogenerazione, di produzione di biometano, fotovoltaici, di recupero termico, linee produttive ad alta efficienza, nel settore ceramico, plastico, food&beverage, automotive, etc.

Nel settore pubblico, gestiamo impianti di illuminazione, di riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto, smart cities.

Genera è, quindi, un partner (e non una controparte) che, mettendo a disposizione capitali e competenze tecniche, legali, fiscali, agisce da acceleratore nell'implementazione della politica di sostenibilità del Cliente, assumendone i rischi e condividendone i benefici.



G.M.T. S.p.A. è una Esco (Energy Service Company) certificata UNI CEI 11352, ISO 9001, UNI ISO 45001, ISO 14001 e UNI CEI EN 15900.

L'azienda è attiva nello scenario nazionale nell'applicazione di tecnologie efficienti per l'uso razionale dell'energia e lo sviluppo di energie alternative al fine di ridurre i consumi energetici e concorrere al raggiungimento degli obiettivi previsti dall'Agenda ONU 2030.

G.M.T. S.p.A. intende raggiungere i più elevati standard di qualità, ispirando le proprie attività e business ai principi dello sviluppo sostenibile coinvolgendo in questo progetto i propri Clienti offrendo contratti EPC, servizi di Audit Energetici sia per Grandi Aziende che Energivore e PMI, Transizione 5.0 e CACER.

L'Azienda ha inoltre sviluppato, con il suo ramo di R&D, due progetti:

- Nigél: Sistema EMS (Energy Management System) che permette la mappatura e il monitoraggio in continuo dei consumi e delle anomalie. La piattaforma è personalizzata sulle esigenze del cliente e della struttura di monitoraggio e permette l'integrazione di dati provenienti da qualsiasi sistema open source fornendo la possibilità di avere pieno controllo delle grandezze di interesse.
- ZapGrid: Sistema di gestione di stazioni di ricarica di veicoli elettrici che risulta essere l'anello di collegamento tra i gestori delle stazioni e-mobility e gli utilizzatori di autoveicoli elettrici. ZapGrid si occupa dell'invisibile processo che coniuga l'offerta e la domanda nel mondo della mobilità elettrica, oltre che a rappresentare lo strumento per il ruolo di Aggregatore/Remote Operator.



Da novembre 2023 Italcementi e Calcestruzzi, storiche società che con la loro storia fatta di persone, di conoscenze e di innovazione hanno contribuito allo sviluppo economico del Paese, sono diventate Heidelberg Materials.

Heidelberg Materials è uno dei principali produttori integrati di soluzioni e materiali per le costruzioni al mondo, nei settori cemento, inerti e calcestruzzo preconfezionato.

Il cambiamento non sta solo nel nome, ma nella natura stessa del business. Il futuro è sostenibile e digitale e va ben oltre il cemento. La gamma dei prodotti e dei servizi sta evolvendo per guidare la trasformazione del settore. Il nuovo marchio, rappresentativo, incisivo e globale, vuole dare un volto e un punto di riferimento a questa importante trasformazione.

La struttura industriale di Heidelberg Materials in Italia è formata da impianti 10 per la produzione del cemento, 4 centri di macinazione e oltre 120 impianti di produzione di calcestruzzo in grado di servire i clienti sull'intero territorio nazionale.

I siti produttivi hanno ottenuto la certificazione ambientale ISO 14001 a cui si aggiunge, in alcune aree geografiche, la certificazione CSC che certifica il processo di approvvigionamento responsabile su tutta la filiera di produzione, secondo i principi base della Sostenibilità.



Icopower è una società operante sul mercato italiano dal 2014, che produce sistemi per l'efficientamento elettrico di clienti commerciali ed industriali.

Attraverso diverse linee di prodotti specificamente dedicate al risparmio energetico, Icopower permette di intervenire in aziende in tutti i settori produttivi:

- Industriale (Fonderie, Cartiere, Metalmeccaniche, Alimentare)
- Commerciale (GDO, Supermercati, Grandi Magazzini, Punti Vendita)
- Terziario (Alberghi, Ospedali, Cliniche, RSA)

Con oltre 2.000 installazioni all'attivo in diversi paesi, Icopower è in grado di gestire tutte le possibili variabili tecniche presso il cliente finale. Icopower propone diverse tipologie di prodotti:

- Ottimizzatori di Voltaggio
- Rifasatori
- Efficientamento dei sistemi di Aria Compressa

- Macchinari per la risoluzione dei problemi di power quality (microinterruzioni, armoniche etc)
- Sistemi di monitoraggio

La nostra Mission, quindi, è quella di fornire, attraverso servizi, soluzioni e sistemi innovativi, la possibilità di ridurre i propri sprechi in ambito energetico, anche valorizzando ciò che oggi è scarto, usufruendo di soluzioni tecnico - economiche innovative e vantaggiose. Nel compiere la nostra Mission, analizziamo la situazione caratteristica di ogni singola realtà, attraverso accurate fasi di audit, per poter così costruire una proposta studiata ad hoc per ognuno.

Icopower è presente sul territorio italiano, operando direttamente ed attraverso partner tecnico/commerciali esclusivi, ed in altre aree del mondo, dove propone i propri servizi con modelli di business adatti alla realtà locale. Inoltre Icopower è presente in diversi paesi in Europa, Africa, Asia, e Sud America.

Il sistema Icopower, seppur adattato in alcuni dettagli alla realtà locale, è applicabile ovunque ci sia un consumo di corrente elettrica.



K2-CO2 S.R.L. è specializzata nello sviluppo di impianti di cattura e utilizzo/sequestro del carbonio, rivolgendosi principalmente a emettitori di piccola e media dimensione del settore hard-to-abate. Con una vasta esperienza nella produzione di impianti, il prodotto principale è un sistema di cattura del carbonio all'avanguardia e ben collaudato, incentrato su un solvente sicuro, pulito, efficiente dal punto di vista energetico e facilmente integrato, che può essere personalizzato per ogni sito a seconda delle sue caratteristiche uniche.

La tecnologia di cattura HPC, licenziata da Giammarco Vetrocok, leader nella rimozione della CO2 dagli anni '50, è efficace nel depurare la maggior parte dei gas di combustione e utilizza un composto inorganico di base (carbonato di potassio) miscelato con acqua. K2-CO2 sfrutta la sua lunga esperienza nel retrofit per offrire soluzioni su misura che integrino efficacemente l'impianto di cattura del carbonio nei processi esistenti senza interrompere la produzione e garantendo la cattura del carbonio, il tutto limitando il consumo energetico complessivo del processo.

K2-CO2 è in grado di integrare gli impianti di cattura all'interno degli impianti esistenti fornendo una soluzione completa e chiavi in mano, inclusiva di tutti i recuperi termici necessari ed eventualmente effettuando l'upgrade degli impianti di trattamento fumi in modo da garantire costantemente il rispetto dei parametri di emissione ambientale.

Uno dei punti di forza di K2-CO2 è il servizio RADAR®, che include la valutazione logistica delle emissioni di CO2, l'individuazione dei siti di stoccaggio, l'analisi dei costi di stoccaggio e l'esame di scenari di medio termine che includono tecnologie di riutilizzo. Questo servizio è fondamentale per supportare gli emettitori nella gestione delle emissioni di CO2 nel tempo.



MAIRE è un gruppo di ingegneria che sviluppa e implementa tecnologie innovative per la transizione energetica.

Il Gruppo offre Soluzioni Tecnologiche Sostenibili e Soluzioni Integrate di Ingegneria e Costruzione per fertilizzanti, idrogeno, cattura della CO₂, carburanti, prodotti chimici e polimeri (componenti per la produzione di plastiche).

Con sede principale a Milano, MAIRE è guidata dal Presidente Fabrizio Di Amato e dall'Amministratore Delegato Alessandro Bernini. Il Gruppo crea valore in 45 paesi e conta 6.500 dipendenti, supportati da oltre 20.000 persone coinvolte nei suoi progetti nel mondo. MAIRE S.p.A. (ticker: "MAIRE") è quotata alla Borsa di Milano dal 2007.

MAIRE vanta 130 famiglie di brevetti registrati in diversi Paesi e oltre 1.850 brevetti individuali. Grazie all'ampio know-how tecnologico, realizza soluzioni per la decarbonizzazione dando nuova vita ai rifiuti e sviluppando nuovi processi da materie prime non fossili.

MAIRE fornisce soluzioni per impianti complessi e un'ampia gamma di servizi – dalle prime fasi di project development alla completa esecuzione delle attività di Ingegneria, Procurement e Costruzione – sfruttando le sinergie di business all'interno delle società del Gruppo attraverso la sua rete di centri di ingegneria internazionali, tra cui Milano, Roma, Sittard (Paesi Bassi), Houston (USA), Mumbai (India) e Braunschweig (Germania).

Nel 2022, il Gruppo MAIRE ha realizzato ricavi per 3.463,7 milioni di euro, con un EBITDA di 209,3 milioni di euro, un Utile netto di 90,4 milioni di euro e un portafoglio ordini di 8,6 miliardi di euro.



Marcegaglia è un gruppo industriale italiano attivo da oltre sessant'anni nella trasformazione dell'acciaio. Fondato da Steno Marcegaglia nel 1959 a Gazoldo degli Ippoliti, il Gruppo, interamente controllato dai figli, Antonio ed Emma, è oggi presente, in campo siderurgico, nell'intera catena del valore. Dopo le operazioni di acquisizione di un'acciaieria a forno elettrico per acciai speciali a Sheffield, in UK, e del sito francese di Fos-sur-Mer, l'azienda è entrata anche nella produzione primaria, con l'obiettivo di accorciare e stabilizzare le proprie filiere, potenziare le sinergie industriali, proseguendo nel percorso di sviluppo di prodotti sempre più sostenibili e competitivi. Con un fatturato di 9 miliardi di euro, 7.500 dipendenti, 36 stabilimenti distribuiti in 4 Continenti, 6,5 milioni di tonnellate di acciaio lavorate ogni anno per oltre 15.000 clienti in Europa e nel mondo, il Gruppo è leader riconosciuto nello scenario siderurgico nazionale e internazionale.

L'alto livello di progettualità, l'approccio al cambiamento, l'attenzione alla sostenibilità ambientale e sociale fanno di Marcegaglia un'azienda sempre presente laddove si sperimenta ed innova. Il Gruppo ha investito in H2GS, prima vera acciaieria al mondo a emissioni zero; è tra i partner di un progetto di CCUS nell'area industriale di Ravenna e sta esplorando l'utilizzo dell'idrogeno verde per contribuire allo sviluppo di un'industria siderurgica che risponda alla necessità di produrre e trasformare in maniera sempre più responsabile e sostenibile, trovando giusto equilibrio tra risorse, benessere, inclusione. Anche per questo, il legame tra azienda e territorio si è rafforzato nel corso degli anni strutturandosi nel 2010 con la costituzione di Fondazione Marcegaglia, naturale evoluzione dello spirito filantropico della Famiglia, che persegue finalità di solidarietà, sostegno e creazione di progetti in ambito socio-sanitario, scolastico, economico-sociale ed è attiva in Italia e all'estero.

MOST - Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile, attraverso la collaborazione con 24 università, il CNR e 24 grandi imprese, ha la missione di implementare soluzioni moderne, sostenibili e inclusive per l'intero territorio nazionale.

Le aree e gli ambiti tecnologici di maggiore interesse del progetto sono: mobilità aerea, veicoli stradali sostenibili, trasporto per vie d'acqua, trasporto ferroviario, veicoli leggeri e mobilità attiva.

Il Centro Nazionale si occuperà di rendere il sistema della mobilità più "green" nel suo complesso e più "digitale" nella sua gestione.

Lo farà attraverso soluzioni leggere e sistemi di propulsione elettrica e a idrogeno; sistemi digitali per la riduzione degli incidenti; soluzioni più efficaci per il trasporto pubblico e la logistica; un nuovo modello di mobilità, come servizio, accessibile e inclusiva.

MOVYON è leader nello sviluppo e nell'integrazione di soluzioni di Intelligent Transport Systems e centro di eccellenza per la ricerca e l'innovazione del Gruppo Autostrade per l'Italia. Sviluppa sistemi per il monitoraggio e la gestione delle infrastrutture, per il controllo e la gestione della viabilità e della sicurezza stradale, per il pagamento del pedaggio, per strade e città intelligenti e ha progetti attivi in Europa, Sud America e Africa.

Dalla progettazione fino all'implementazione, MOVYON offre soluzioni tecnologiche d'avanguardia end-to-end rivolte a gestori di infrastrutture stradali e autostradali, pubbliche amministrazioni e service provider, affinché possano garantire alla comunità una mobilità intelligente, accessibile, sostenibile e sicura.

Forte dei continui investimenti in innovazione MOVYON è in grado di garantire un rapido e agile accesso alle tecnologie e alle competenze più avanzate. Si distingue nel mercato per la capacità di sviluppare e integrare sistemi e piattaforme con elevati

livelli di interoperabilità e di personalizzare le proprie soluzioni in un rapporto di collaborazione e co-creazione con i clienti e con i principali player dell'ecosistema.

<http://www.movyon.com/>

Terna è la società che gestisce la rete di trasmissione nazionale italiana (RTN) dell'elettricità in alta e altissima tensione ed è il più grande operatore indipendente di reti per la trasmissione di energia elettrica (TSO) in Europa. Ha un ruolo istituzionale, di servizio pubblico, indispensabile per assicurare l'energia elettrica al Paese e permettere il funzionamento dell'intero sistema elettrico nazionale: porta avanti le attività di pianificazione, sviluppo e manutenzione della rete, oltre a garantire 24 ore su 24, 365 giorni all'anno, l'equilibrio tra domanda e offerta dell'elettricità attraverso l'esercizio del sistema elettrico. Con circa 75mila km di linee in alta e altissima tensione, oltre 900 stazioni su tutto il territorio nazionale e 30 interconnessioni con l'estero può contare su un patrimonio di oltre 5.600 professionisti.

Il compito di Terna è assicurare l'energia al Paese, garantendone la sicurezza, la qualità e l'economicità nel tempo e perseguendo lo sviluppo e l'integrazione con la rete elettrica europea, per garantire parità di accesso a tutti gli utenti. L'azienda sviluppa

anche attività di mercato e nuove opportunità di business valorizzando in Italia e all'estero le proprie competenze ed esperienze.

Quotata nel mercato telematico di Borsa Italiana dal 23 giugno 2004, Terna è regista e abilitatore della transizione ecologica per realizzare un nuovo modello di sviluppo basato sulle fonti rinnovabili e rispettoso dell'ambiente: sostenibilità, innovazione e competenze distintive per garantire alle prossime generazioni un futuro alimentato da energia pulita, accessibile e senza emissioni inquinanti.

Trigenia è una Energy Service Company che opera in ambito nazionale e internazionale, in grado di accompagnare con successo le aziende che intendono avviare un percorso di sostenibilità ambientale verso la transizione energetica e digitale, con un modello di business innovativo e duraturo.

Nata nel 2007, dall'unione delle competenze industriali, finanziarie ed accademiche dei tre Soci Fondatori, Trigenia supporta e guida le aziende nella gestione delle sfide di sostenibilità e nella riduzione degli impatti ambientali attraverso progetti mirati al mantenimento dei più elevati standard di qualità ed efficienza.

Trigenia si compone di tre Business Units, che vedono una sinergia di competenze energetiche, digitali e finanziarie, perfettamente integrate in un unico interlocutore.

L'attività offerta permette di coniugare soluzioni di consulenza energetica con prodotti digitali per il monitoraggio e l'ottimizzazione dei consumi energetici,

garantendo alle aziende l'accesso alle risorse finanziarie ed agevolazioni previste dai programmi promossi da enti regionali, nazionali ed europei per rendere sostenibile il finanziamento dei progetti. Le molteplici competenze, che contraddistinguono il team aziendale, permettono quindi di offrire un servizio personalizzabile per ogni realtà.

Integrità, ricerca e innovazione sono i caratteri fondanti dell'impresa. A dimostrarlo è la crescita nel capitale umano anche in figure di giovani ricercatori, con l'obiettivo di proiettare l'azienda verso il futuro e nuove opportunità di mercato.

La presenza della compagine R&D è di fondamentale importanza per accrescere la nostra competenza sul mercato, attraverso la promozione, sviluppo e commercializzazione di diversi progetti da integrare all'interno del core business in grado di generare valore.

V O L V O

Volvo Trucks fornisce soluzioni di trasporto complete per clienti professionali esigenti con la sua gamma completa di camion per impieghi medi e pesanti. L'assistenza ai clienti è fornita da una rete globale di concessionari con 2.200 punti di assistenza in circa 130 Paesi. I camion Volvo vengono assemblati in 12 Paesi in tutto il mondo. Nel 2023 sono stati consegnati circa 145.000 camion Volvo in tutto il mondo. Volvo Trucks fa parte del Gruppo Volvo, uno dei principali produttori mondiali di autocarri, autobus, macchine movimento terra e motori marini e industriali. Il gruppo fornisce anche soluzioni complete per il finanziamento e l'assistenza. Il lavoro di Volvo Trucks si basa sui valori fondamentali di qualità, sicurezza e rispetto dell'ambiente.

Copyright 2015 © Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Gestionale Collana Quaderni AIP
Registrazione n. 433 del 29 giugno 1996 – Tribunale di Milano

ISBN 9788864931197