

Le emissioni di gas serra in italia. Obiettivi di riduzione al 2030

RAPPORTI
399/2024



Le emissioni di gas serra in italia. Obiettivi di riduzione al 2030

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 399/24
ISBN 978-88-448-1212-6

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Elaborazione grafica di Luisa Mortola e Angela Fiore, da un'immagine generata con la piattaforma Microsoft Bing - Copilot Designer
ISPRA – Area Comunicazione

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Maggio 2024



Autori

Marina Vitullo, Antonella Bernetti (§3.3.3), Antonio Caputo (§3.3.5), Marco Cordella (§3.3.3), Riccardo De Lauretis, Eleonora Di Cristofaro (§3.5), Angela Fiore (§3.5), Andrea Gagna (§3.4), Barbara Gonella (§3.4, §3.7), Vanessa Leonardi (§2.3), Federica Moricci (§3.4), Guido Pellis (§3.6), Daniela Romano, Ernesto Taurino (§3)

Contatti: Marina Vitullo
e-mail marina.vitullo@isprambiente.it

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

INDICE

1 INTRODUZIONE	5
2 Il contesto normativo internazionale ed europeo	6
2.1 Il Protocollo di Kyoto	11
2.1.1 Il primo periodo d'impegno 2008-2012	11
2.1.2 Il secondo periodo d'impegno 2013-2020	11
2.2 Il quadro clima-energia 2030	13
2.2.1 La direttiva Emissions Trading	15
2.2.2 La decisione Effort Sharing (2013-2020) ed il regolamento Effort Sharing (2021-2030)	15
2.2.3 Il regolamento LULUCF	16
2.3 I mercati del carbonio	18
2.3.1 Il sistema di scambio di quote di emissione	18
2.3.2 Il mercato regolato del carbonio e l'Articolo 6 dell'Accordo di Parigi	18
2.3.3 Il mercato volontario	19
2.3.4 Il regolamento EU Carbon removal certification framework	19
2.3.5 Il registro italiano	21
3 L'inventario nazionale dei gas serra	22
3.1 I settori e le metodologie di stima	23
3.2 L'andamento delle emissioni	24
3.3 Il settore Energia	32
3.3.1 Industrie energetiche	34
3.3.2 Industria manifatturiera	34
3.3.3 Trasporti	35
3.3.4 Residenziale e altri settori	40
3.3.5 Fuggitive	41
3.4 Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU)	42
3.5 Il settore Agricoltura	46
3.6 Il settore LULUCF	49
3.7 Il settore Rifiuti	51
4 Gli obiettivi di riduzione	54
4.1 La situazione emissiva dei settori non ETS (periodo 2013-2020)	54
4.2 Gli obiettivi Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030	55
4.2.1 Effort Sharing	55
4.2.2 LULUCF	56
Riferimenti bibliografici	58

1 INTRODUZIONE

Le politiche su clima ed energia stanno attraversando una fase di profonda revisione a seguito della sottoscrizione dell'[Accordo di Parigi](#), il cui obiettivo è il contenimento dell'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C e cercando di limitarne l'aumento a 1.5°C rispetto ai livelli preindustriali. Nell'ambito dell'[Accordo di Parigi](#), [l'obiettivo per l'Unione Europea](#) è la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% rispetto all'anno 1990, entro il 2030. Tale obiettivo è ripartito tra i settori [Emission Trading System \(ETS\)](#) e non-ETS¹ ed è pari, rispettivamente, ad una riduzione del 43% e del 30% rispetto ai livelli del 2005. Il [regolamento 857/2023 Effort Sharing](#) ha fissato gli obiettivi di riduzione per gli Stati Membri per i settori non-ETS, mentre il [regolamento 839/2023 LULUCF](#) definisce gli impegni per il settore LULUCF². In tale contesto è stato definito il [Piano Energia e Clima \(PNIEC\)](#), con il quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra, nonché gli obiettivi in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, delineando per ciascuno di essi le misure che saranno attuate per assicurarne il raggiungimento. Nel gennaio 2021, l'Italia ha pubblicato la [strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra](#), che individua i possibili percorsi per raggiungere, nel nostro Paese, al 2050, una condizione di "neutralità climatica", nella quale le residue emissioni di gas a effetto serra sono compensate dagli assorbimenti di CO₂ e dall'eventuale ricorso a forme di stoccaggio geologico e riutilizzo della CO₂.

Per valutare le politiche messe in atto a livello nazionale per fronteggiare i cambiamenti climatici e il rispetto degli impegni di riduzione delle emissioni previsti dagli accordi internazionali, è fondamentale monitorare l'andamento delle emissioni dei gas-serra. In Italia, è l'ISPRA³ a svolgere questa funzione, essendo responsabile della predisposizione e comunicazione dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), del [Protocollo di Kyoto](#) e della [Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima](#) dell'Unione Europea. ISPRA è responsabile inoltre del reporting delle emissioni nell'ambito della [Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Lungo Raggio \(CRLTAP/UNECE\)](#) e delle direttive europee sulla limitazione delle emissioni. Infine, ISPRA⁴ è responsabile della trasmissione di proiezioni delle emissioni di gas serra all'[Unione Europea](#) e all'[UNFCCC](#) e della valutazione degli impatti emissivi di politiche e misure.

Il 2020 è stato un importante anno di verifica, per l'Italia e l'Unione Europea, in cui è stata chiusa la contabilizzazione per il secondo Periodo di Kyoto. Nel 2012, è stato raggiunto un accordo tra le Parti circa la prosecuzione del protocollo di Kyoto attraverso l'emendamento di Doha, che ha fissato gli impegni di riduzione dei Paesi industrializzati per il periodo 2013-2020. Dal 2021 è entrato in vigore il quadro clima-energia 2030, un pacchetto ambizioso di misure che l'UE ha rivisto con il pacchetto *Fit for 55*. Particolarmente significativi sono per l'Unione Europea ed i suoi Stati Membri gli impegni di riduzione delle emissioni, e il conseguente reporting annuale per la valutazione della compliance di tali obblighi.

Il rapporto descrive il quadro emissivo italiano relativamente agli obiettivi di riduzione dei gas ad effetto serra, relativi alla riduzione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento *Effort Sharing* e gli obiettivi per il settore LULUCF, derivanti dal Regolamento *LULUCF*.

¹ agricoltura, rifiuti, civile, trasporti e impianti industriali non inclusi nella Direttiva ETS

² Land Use, Land Use Change and Forestry (uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura)

³ [Decreto Legislativo n. 47/2020](#), [Decreto Legislativo n. 30/2013](#) e [Decreto Legislativo n. 51/2008](#), inerenti l'istituzione di un Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni dei gas-serra

⁴ [Decreto 9 dicembre 2016](#) - Attuazione della legge 3 maggio 2016, n. 79, inerenti l'istituzione di un Sistema Nazionale per le politiche, le misure e le proiezioni di gas serra

2 Il contesto normativo internazionale ed europeo

L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* ([IPCC](#)), istituito nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione Meteorologica mondiale ([WMO](#)) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente ([UNEP](#)) allo scopo di studiare il riscaldamento globale, nel suo primo report, nel 1990, evidenziò il rischio di un riscaldamento globale con effetti sul clima a causa dell'aumento delle emissioni antropogeniche di gas serra, causato principalmente dall'uso di combustibile fossile. Da questo presupposto discende la necessità di ridurre le emissioni antropogeniche di gas serra, soprattutto per i paesi più industrializzati. Alla fine del 1990, l'Unione Europea adottò l'obiettivo di stabilizzare le emissioni di anidride carbonica entro il 2000 al livello registrato nel 1990, richiedendo agli stati membri di pianificare ed implementare iniziative per la protezione dell'ambiente e per l'efficienza energetica. Gli obiettivi prefissati dall'UE sono stati alla base delle negoziazioni della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - [UNFCCC](#)).

La Convenzione quadro sui cambiamenti climatici è un accordo ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*), informalmente conosciuta come Summit della Terra, tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. L'accordo fu aperto alle ratifiche il 9 maggio 1992 ed entrò in vigore il 21 marzo 1994.

L'accordo ha come obiettivo la stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra, ad un livello tale da prevenire interferenze antropogeniche pericolose con il sistema climatico terrestre. L'accordo non pone limiti obbligatori per le emissioni di gas serra alle nazioni individuali; si tratta quindi di un accordo legalmente non vincolante. Invece, esso includeva previsioni di aggiornamenti (denominati protocolli) che avrebbero posto obiettivi di riduzione delle emissioni.

L'accordo si basa sull'acquisita consapevolezza dei cambiamenti climatici e dell'influenza delle attività antropiche su tali cambiamenti e sul riscaldamento globale in atto. Tra i principi cardine della convenzione (elencati nell'articolo 3), ci sono:

- la protezione del sistema climatico e, quindi, la lotta ai cambiamenti climatici ed ai loro effetti avversi;
- la consapevolezza dei particolari bisogni e condizioni dei paesi in via di sviluppo, particolarmente vulnerabili nei confronti dei cambiamenti climatici;
- il fatto che la mancanza di una piena certezza scientifica non è una ragione per posporre misure di prevenzione e mitigazione.

Nell'articolo 4 sono invece elencati gli obblighi derivanti dall'adesione alla convenzione quadro sui cambiamenti climatici per i diversi paesi, come l'implementazione di misure di mitigazione e misure che possano facilitare l'adattamento ai cambiamenti climatici, attraverso l'adozione di politiche nazionali, e l'obbligo di gestione sostenibile dei *sink* e dei *reservoir* (intesi come biomassa, foreste, oceani e, in generale, ecosistemi marini, terrestri e costieri).

Fondamentale, ai fini dell'accordo e della comunicazione sull'implementazione della convenzione, quanto prescritto nell'art. 12. In particolare i paesi [Annex I](#) (paesi industrializzati), devono trasmettere regolari report in cui sono elencate le politiche e misure adottate per la riduzione delle emissioni di gas serra; devono altresì comunicare, annualmente, l'inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra non controllati dal protocollo di Montreal, con le stime ottenute con metodologie comparabili. La Convenzione quadro sui cambiamenti climatici è stata ratificata in Italia nel 1994, con la legge n. 65 del 15/01/1994. L'ISPRA è responsabile della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, attraverso la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati. Le metodologie utilizzate per la stima delle emissioni e degli assorbimenti sono state quelle redatte dall'IPCC ed ufficialmente approvate dall'UNFCCC, coerentemente con quanto richiesto dalla convenzione e dalle successive decisioni delle conferenze delle parti (COP).

Il [Protocollo di Kyoto](#), sottoscritto nel 1997 da più di 160 paesi in occasione della COP3 dell'UNFCCC, è entrato in vigore il 16 febbraio 2005. A differenza della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici che può essere definita come un accordo legalmente non vincolante, il relativo Protocollo di Kyoto fissa obiettivi di riduzione delle emissioni per i paesi elencati nell'[Annex B](#) (paesi industrializzati e paesi con economie in transizione). Per tutti i paesi membri dell'Unione Europea, il Protocollo di Kyoto stabilisce una riduzione dell'8% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990 entro il 2012 (termine del primo periodo d'impegno). Il Protocollo di Kyoto è stato adottato (dicembre 1997), stabilendo degli obiettivi di riduzione delle emissioni per i paesi Annex B. In Italia il Protocollo di Kyoto è stato ratificato con la [legge 120 del 2002](#), in cui veniva prescritta la preparazione di un Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni.

L'8 dicembre 2012 è stato adottato l'[Emendamento di Doha](#) al Protocollo di Kyoto, nel quale sono stati fissati gli obiettivi di riduzione dei paesi elencati nell'Annex B del Protocollo di Kyoto da perseguire nel secondo periodo d'impegno (2013-2020); è inoltre richiesto agli stessi paesi, di includere nel reporting anche il trifluoruro di azoto (NF₃). L'Unione Europea ed i suoi stati membri (insieme all'Islanda) hanno stabilito di ridurre le proprie emissioni collettive del 20% al 2020, rispetto ai valori del 1990.

Nel dicembre 2015, in occasione della Conferenza sui cambiamenti climatici tenutasi a Parigi (COP21), e sulla base del Mandato di Durban (dicembre 2011), le Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici hanno adottato l'[Accordo di Parigi](#), finalizzato a regolare ulteriormente le emissioni di gas ad effetto serra individuate quali maggiori responsabili dell'aumento della temperatura del pianeta. L'Accordo definisce come obiettivo di lungo termine il contenimento dell'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C e il perseguimento degli sforzi per limitare l'aumento a 1.5°C, rispetto ai livelli preindustriali. L'Italia ha firmato l'accordo il 22 aprile 2016 e lo ha ratificato l'11 novembre 2016.

Alla data di stesura del presente documento, 195 delle 198 Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico [hanno ratificato l'Accordo](#). L'Accordo di Parigi, entrato in vigore il 4 Novembre 2016, si applica dal 2021.

L'Accordo prevede, accanto alle misure di mitigazione, ovvero di riduzione delle emissioni, anche la messa in atto di misure per l'adattamento al cambiamento climatico, finalizzate ad accrescere la capacità dei Paesi di adattarsi agli effetti avversi dei cambiamenti climatici. I flussi finanziari a supporto di tali azioni dovranno essere orientati in modo da essere coerenti con un percorso di sviluppo sostenibile a basse emissioni e resiliente ai mutamenti del clima. I Paesi firmatari dovranno puntare a raggiungere il picco globale delle emissioni quanto prima e ad effettuare rapide riduzioni al fine di raggiungere l'equilibrio globale tra emissioni e assorbimenti nella seconda parte del secolo.

Al momento dell'adesione all'Accordo, ogni Paese predispone e comunica il proprio "Contributo determinato a livello nazionale" ([NDC – Nationally Determined Contribution](#)) con l'obbligo di perseguire misure per la sua attuazione. Ogni successivo contributo nazionale dovrà costituire un avanzamento in termini di ambizione rispetto al contributo precedentemente presentato, intraprendendo, così, un percorso di ambizione crescente che dovrebbe condurre le Parti al raggiungimento dell'obiettivo collettivo.

Rispetto al [Protocollo di Kyoto](#) e al suo emendamento ([Emendamento di Doha](#)), che prevedono impegni di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra⁵ da parte dei Paesi industrializzati, rispettivamente, nei periodi 2008-2012 e 2013-2020, l'Accordo di Parigi rappresenta un cambio di paradigma nell'approccio alla lotta ai cambiamenti climatici. L'approccio 'bottom up' basato su Contributi Determinati a livello Nazionale ad ambizione crescente nel tempo prevede un impegno di tutte le Parti dell'accordo verso il raggiungimento degli obiettivi comuni, abbandonando la distinzione tra Paesi industrializzati e non.

⁵ Anidride carbonica, protossido di azoto, metano, idrofluorocarburi, perfluorocarburi e esafluoruro di zolfo

Sulla base di quanto previsto nella Decisione 1/CP.21, il 2018 ha rappresentato un anno di particolare rilevanza nel percorso verso l'attuazione dell'Accordo. A ottobre 2018 è stato, infatti, pubblicato il "Rapporto speciale sull'impatto del riscaldamento globale di 1.5°C rispetto ai livelli preindustriali", dell'IPCC, che dimostra, sulla base di evidenze scientifiche, che il riscaldamento globale ha già raggiunto 1°C di aumento rispetto ai livelli preindustriali e sta aumentando approssimativamente di 0.2°C per decade. Senza ulteriori azioni a livello globale, la temperatura media del pianeta aumenterà fino a raggiungere i 2°C subito dopo il 2060 e continuerà a crescere anche in seguito. Tale andamento potrebbe rendere gli impatti dei cambiamenti climatici irreversibili.

Nello stesso anno, alla COP24, è stato approvato dalla prima sessione della Conferenza delle Parti dell'Accordo (CMA1), il *Katowice Climate Package*, ovvero l'insieme delle regole di attuazione necessarie al funzionamento dell'Accordo. Il 'pacchetto' contiene linee guida operative sui seguenti elementi:

- le informazioni comuni di accompagnamento dei Contributi Determinati a livello Nazionale (NDCs) relativamente agli obiettivi di mitigazione;
- le modalità di comunicazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici;
- le regole di funzionamento del Quadro di Trasparenza Rafforzato (*Enhanced Transparency Framework*), ovvero l'insieme delle regole per il monitoraggio e la rendicontazione delle azioni di mitigazione, adattamento e sul supporto finanziario;
- l'istituzione di un Comitato per facilitare l'attuazione e promuove il rispetto degli impegni derivanti dalla ratifica dell'Accordo;
- la definizione delle regole per lo svolgimento del cosiddetto 'Global Stocktake' finalizzato alla valutazione dei progressi collettivi rispetto al raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo;
- la definizione della base di valutazione dei progressi sullo sviluppo e trasferimento tecnologico;
- la definizione delle regole per la comunicazione delle informazioni sul supporto finanziario previsto verso i Paesi in via di sviluppo e il processo per la definizione di nuovi obiettivi di finanziamento a partire dal 2025.

È stato inoltre adottato un regolamento attuativo ([Paris rulebook](#)) dell'Accordo di Parigi, che include le informazioni necessarie per la revisione dei Contributi determinati a livello nazionale e per la contabilizzazione degli impegni adottati, nonché l'insieme di regole condivise per la trasparenza delle azioni e del supporto, che implementano l'articolo 13 dell'Accordo di Parigi.

Con tali decisioni è stata archiviata la tradizionale differenziazione degli obblighi (la cosiddetta "biforcazione") tra paesi industrializzati ed in via di sviluppo, con l'adozione di regole comuni e la previsione di flessibilità per quei Paesi in via sviluppo che ne necessitano in base alle proprie capacità.

Nel 2021, alla COP26, è stato adottato il patto per il clima di Glasgow, con l'obiettivo di trasformare gli anni 2020 in un decennio di azione e sostegno per il clima. I principali risultati della COP26 sono relativi a:

- a. *mitigazione*: per la prima volta viene riconosciuto che l'obiettivo delle politiche climatiche deve essere quello di mantenere la temperatura globale entro un aumento massimo di 1.5°C rispetto all'epoca preindustriale. Aver inserito un tale riferimento implica che le politiche climatiche, messe in atto dai diversi Paesi, dovranno essere aggiornate e rinforzate, visto che con quanto previsto ad oggi l'obiettivo di 1.5°C non verrà raggiunto.
- b. *adattamento*: si è deciso di raddoppiare i fondi internazionali per supportare i paesi più vulnerabili per mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici, per la salvaguardia delle comunità e degli habitat naturali. Inoltre, è stato approvato un programma di lavoro per definire il "Global Goal on Adaptation", finalizzato a definire gli indicatori per monitorare le azioni di adattamento dei Paesi.
- c. *finanza per il clima*: l'obiettivo di raggiungere, entro il 2020, 100 miliardi di dollari annui per supportare i Paesi vulnerabili non è stato ancora raggiunto (nel 2019, si sono sfiorati gli 80 miliardi). Nell'ambito della COP26 sono stati tuttavia molteplici gli impegni da parte di diverse istituzioni finanziarie e dei

Paesi per aumentare i propri contributi e far sì che tale obiettivo sia raggiunto il prima possibile. Secondo le stime dell'OCSE, si potrebbe raggiungere quota 100 miliardi annui entro il 2023, con la prospettiva di aumentare l'impegno gli anni seguenti.

d. *finalizzazione del "Paris Rulebook"*: per rendere pienamente operativo l'Accordo di Parigi, sono stati finalizzati i lavori su temi di natura tecnica, in particolare:

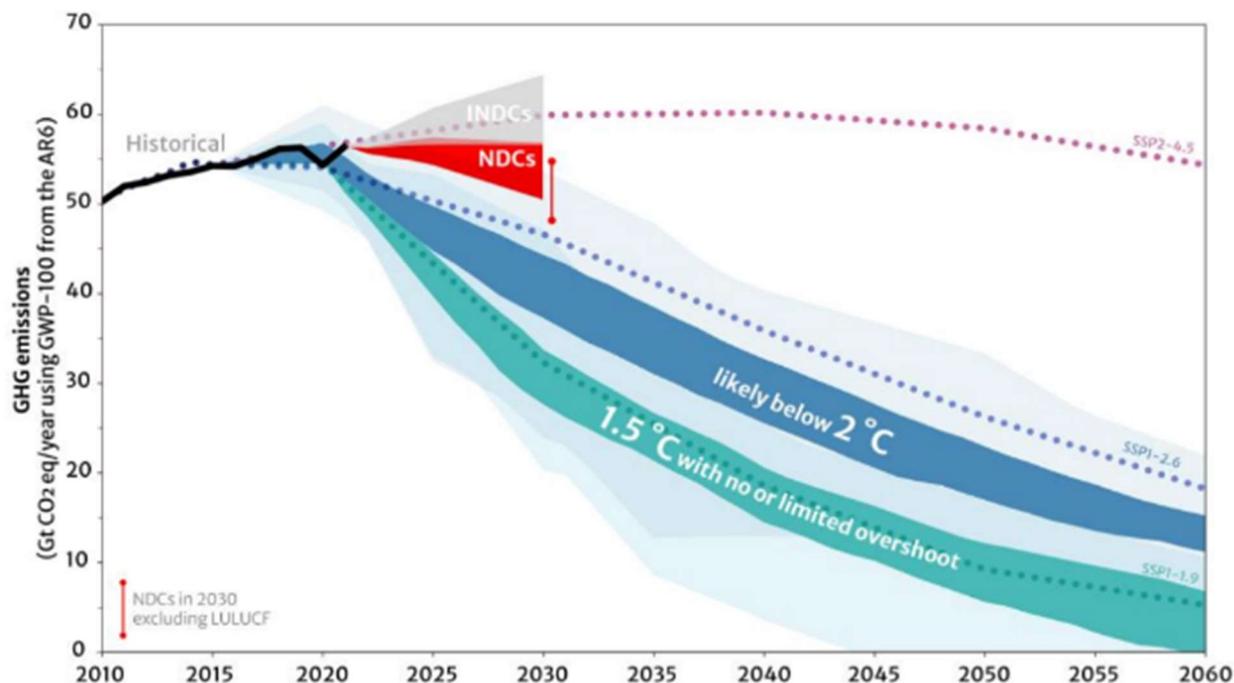
- *trasparenza*: sono state adottate le tabelle e i formati per il reporting ai sensi del nuovo quadro di trasparenza (ETF) dell'Accordo di Parigi, che entrerà in vigore per tutti i Paesi, sviluppati e non, entro il 2024. Tra queste le tabelle comuni (CRT) da utilizzare per la rendicontazione dei dati dell'inventario delle emissioni e degli assorbimenti dei gas serra, i formati tabulari comuni (CTF) per il monitoraggio dei progressi nell'attuazione e nel raggiungimento degli NDC e gli indici di importanti rapporti di trasparenza che i Paesi dovranno redigere e trasmettere periodicamente all'UNFCCC.
- *meccanismi - Articolo 6*: è stato raggiunto l'accordo sui meccanismi di mercato, relativo all'articolo 6 dell'Accordo di Parigi, che riconosce la possibilità per i Paesi di utilizzare il mercato del carbonio internazionale per l'attuazione degli impegni determinati a livello nazionale per la riduzione delle emissioni. Questo include l'adozione di linee guida per i cosiddetti "approcci cooperativi" che prevedano lo scambio di quote (Articolo 6.2 dell'Accordo di Parigi), incluse le informazioni da includere nell'ambito del nuovo quadro di trasparenza; regole, modalità e procedure per i "meccanismi di mercato" (Articolo 6.4); un programma di lavoro all'interno del quadro degli approcci "non di mercato" (Articolo 6.8).

Nel 2023, in occasione della COP28, si è concluso il primo [Global Stocktake](#) (bilancio globale, GST), uno degli elementi chiave dell'Accordo di Parigi, ovvero il meccanismo di valutazione quinquennale dei progressi collettivi verso il raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo. Il GST prende in esame la mitigazione, l'adattamento e i mezzi di attuazione e sostegno finanziario, "alla luce dell'equità e della migliore scienza disponibile". Il primo GST ha preso in considerazione:

- lo stato delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra sulla base degli inventari nazionali;
- l'effetto complessivo degli NDC e dei progressi compiuti verso la loro attuazione;
- lo stato delle azioni di adattamento;
- i flussi finanziari e le modalità di attuazione, comprese le informazioni relative al supporto finanziario (e tecnologico) fornito e ricevuto.

Al fine di valutare l'effetto complessivo degli NDC, il segretariato UNFCCC ha redatto il [rapporto di sintesi 2023](#), che ha passato in rassegna gli impegni climatici dei paesi contenuti negli NDC trasmessi dai paesi, che nel complesso rappresentano il 95% del totale delle emissioni globali nel 2019, sottolineando come gli NDC trasmessi nel periodo 2020-2021 hanno portato ad un rilancio degli obiettivi di riduzione delle emissioni. Tuttavia, è emerso come, tenendo conto dell'attuazione degli NDC ma senza ulteriori azioni, le emissioni globali di gas serra nel 2030 saranno dell'8.8% superiori al livello del 2010 e del 2% inferiori al livello del 2019. Il livello di emissioni di gas serra entro il 2030 (figura 2.1), stimato sulla base degli NDC, è di 51.6 Gt CO₂eq, senza tener conto degli usi del suolo e delle foreste (settore Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) (barra verticale rossa), e sale a 53.7 Gt CO₂eq tenendone conto. Nel complesso, risulta evidente che gli impegni presi con gli attuali NDC non sono compatibili con le riduzioni previste negli scenari IPCC relativi ad un aumento di temperatura entro 1.5 °C e 2°C (mostrate nella tabella SPM.1 del [Synthesis Report del Sesto Rapporto IPCC](#)).

Figura 2.1- Confronto fra gli scenari valutati nel Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) con le emissioni globali totali previste in base ai contributi determinati a livello nazionale (fonte: UNFCCC, 2023 figura 8)



Il [testo adottato alla COP28 sul GST](#) evidenzia che, sebbene si registrino passi in avanti rispetto a pochi anni fa, le azioni di mitigazione climatica rimangono insufficienti per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, di contenere il riscaldamento globale entro +2°C o meglio +1.5°C alla fine del secolo. Nel testo vengono identificate possibili traiettorie verso questa cruciale scadenza, chiedendo ai Paesi di:

- triplicare la capacità di produzione di energia da fonti rinnovabili e raddoppiare l'efficienza energetica entro il 2030.
- Accelerare l'eliminazione del carbone non abbattuto (*unabated*).
- Accelerare gli sforzi a livello globale verso sistemi energetici a zero emissioni nette, utilizzando combustibili a zero o a basso contenuto di carbonio ben prima della metà del secolo o intorno ad essa.
- Abbandonare (*transitioning away*) i combustibili fossili nei sistemi energetici, in modo giusto, ordinato ed equo, accelerando l'azione in questo decennio critico, in modo da raggiungere zero emissioni nette entro il 2050, in linea con quanto evidenziato dal mondo scientifico.
- Accelerare le tecnologie a zero e basse emissioni, tra cui le rinnovabili, il nucleare, le tecnologie di abbattimento e rimozione di gas serra come la cattura e l'utilizzo del carbonio e lo stoccaggio, in particolare nei settori difficili da abbattere, e l'idrogeno a basse emissioni di carbonio.
- Accelerare e ridurre in modo sostanziale le emissioni da altri gas serra (oltre la CO₂), in particolare le emissioni di metano entro il 2030.
- Si fa riferimento ad accelerare la riduzione delle emissioni prodotte dal trasporto su strada, anche attraverso lo sviluppo di infrastrutture e la rapida diffusione di veicoli a zero e basse emissioni.
- Eliminare i sussidi inefficienti ai combustibili fossili che non affrontano povertà energetica o semplici transizioni.

La decisione finale del Global Stocktake richiama quindi tutti i Paesi a presentare i loro nuovi piani nazionali sotto l'Accordo di Parigi, con nuovi e più ambiziosi impegni di mitigazione delle emissioni. La

scadenza per la presentazione dei nuovi impegni (NDC) che riguarderanno il periodo 2030-2040 è fissata al 2025.

2.1 Il Protocollo di Kyoto

2.1.1 Il primo periodo d'impegno 2008-2012

Il Protocollo di Kyoto è entrato in vigore il 16 febbraio 2005 e rappresenta il primo strumento operativo legalmente vincolante per le Parti, tra queste la Unione Europea (UE) e l'Italia. In Italia il Protocollo di Kyoto è stato ratificato con la [legge 120 del 2002](#), in cui veniva prescritta la preparazione di un Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni. L'Unione Europea nel suo complesso si è impegnata a ridurre le proprie emissioni di gas serra dell'8% rispetto ai livelli del 1990; con la decisione del Consiglio 2002/358/EC l'obiettivo, assunto collettivamente, è stato ripartito in maniera differenziata tra gli Stati membri, sulla base della conoscenza della struttura industriale, del mix energetico utilizzato e sulle aspettative di crescita economica di ogni paese. A seguito di tale ripartizione, l'Italia si è vista assegnare, per il primo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto (2008-2012) un obbligo di riduzione di emissioni di gas serra pari al 6.5% rispetto le emissioni del 1990. L'Italia ha rispettato tali impegni di riduzione, come mostrato in tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Sintesi delle informazioni per l'Italia nel primo periodo del Protocollo di Kyoto 2008-2012

Anno base definito per il Protocollo di Kyoto (per CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, F-gases)	1990
Emissioni di gas serra per l'anno base (t CO ₂ eq.)	536,850,887
Impegno di riduzione nel periodo 2008-2012 (% dell'anno base)	93.5
Quantità assegnata (art. 3.7 del Protocollo di Kyoto) (t CO ₂ eq.)	2,416,277,898
Emissioni di gas serra per il periodo 2008-2012 (t CO ₂ eq.)	2,479,638,840
Unità del Protocollo di Kyoto ritirate nel periodo 2008-2012, colmando la distanza rispetto la quantità assegnata con i meccanismi flessibili	2,479,638,840
Quantità di AAUs, CERs e ERUs disponibili per essere portati nel secondo periodo del Protocollo di Kyoto al 19 novembre 2015	795,601 AAUs 2,138,152 CERs 1,108,946 ERUs

AAU: assigned amount unit, ammontare assegnato ai diversi Paesi Annex 1

CER: certified emission reduction, riduzioni ottenute da progetti CDM con Paesi in via di sviluppo

ERU: emission reduction unit, riduzioni ottenute da progetti JI con Paesi Annex 1

2.1.2 Il secondo periodo d'impegno 2013-2020

Nel 2012, è stato raggiunto un accordo tra le Parti circa la prosecuzione del protocollo di Kyoto attraverso l'emendamento di Doha, che fissa impegni di riduzione dei Paesi industrializzati per il periodo 2013-2020. L'Italia ha depositato il proprio strumento di ratifica il 18 luglio 2016. L'Emendamento di Doha è entrato in vigore il 31 dicembre 2020, con 147 Paesi che lo hanno ratificato. Gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno informato⁶ il segretariato UNFCCC di voler adempiere ai propri impegni relativi al secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto congiuntamente.

Il Consiglio Europeo nella primavera del 2007 aveva sancito la necessità che l'Unione avviasse una transizione verso un'economia a basso contenuto di carbonio attraverso un approccio integrato tra le politiche attuate per la riduzione dei gas a effetto serra e le politiche energetiche. Il Consiglio si è, pertanto, impegnato a raggiungere, entro il 2020, i seguenti obiettivi:

- riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra del 20% rispetto ai livelli del 1990;

⁶ Dichiarazione Europea [Agreement Notification EU Joint fulfilment E.pdf \(unfccc.int\)](#)

- riduzione dei consumi energetici del 20% rispetto allo scenario *business as usual*;
- produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% dei consumi energetici dell'Unione europea;
- uso dei biocombustibili per il 10% della quantità di combustibile utilizzato nel settore dei trasporti.

A seguito delle conclusioni del Consiglio, è stato approvato il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2020", ossia un insieme di provvedimenti legislativi finalizzati a dare attuazione agli impegni assunti.

I provvedimenti più rilevanti in materia di gas serra sono la [direttiva 2003/87/CE](#), direttiva *Emissions Trading*, modificata mediante la [direttiva 2009/29/UE](#) e la [decisione 406/2009/UE Effort Sharing](#). Il settore uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura (LULUCF) non contribuisce all'obiettivo di riduzione del 20% rispetto al 1990 previsto dal Pacchetto Clima-Energia per il 2020.

Nell'ambito del Protocollo di Kyoto, la variazione degli stock di carbonio e delle emissioni di gas serra da fonte e assorbimenti di CO₂ derivanti dal cambiamento diretto dell'uso del suolo indotto dall'uomo e dalle attività forestali possono essere utilizzati per rispettare gli impegni dei Paesi inclusi nell'Annex B del Protocollo di Kyoto. In particolare, l'articolo 3.3 del Protocollo stabilisce che le emissioni e gli assorbimenti di CO₂ ed altri gas serra risultanti dalla costituzione di nuove foreste (afforestazione, riforestazione) e dalla conversione delle foreste in altre forme d'uso delle terre (deforestazione), effettuati dopo il 1990, devono essere contabilizzati nei bilanci nazionali delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra. L'articolo 3.4 permette invece la contabilizzazione di emissioni ed assorbimenti di gas serra relative alla gestione forestale (forest management), ed alle cosiddette attività addizionali, come la gestione delle terre agricole (cropland management), la gestione dei prati e dei pascoli (grazing land management) e la rivegetazione, purché deliberate ed avvenute dopo il 1990. Definizioni di tali attività e metodi di conteggio degli assorbimenti e delle emissioni ad esse connesse sono dettagliate nella [decisione UNFCCC 16/CMP.1](#). Per il secondo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto, 2013-2020, l'Italia ha eletto cropland management (CM) e grazing land management (GM), come attività addizionali dell'articolo 3.4. L'Italia, così come gli altri Stati Membri dell'Unione Europea, applica quanto previsto dall'articolo 3.3 e 3.4 del protocollo di Kyoto individualmente.

La conclusione del secondo periodo di impegno (2013-2020) è stata seguita da un processo di verifica della conformità degli Stati rispetto agli obiettivi di riduzione ad opera di un gruppo di esperti UNFCCC. A valle della conclusione di tale verifica, e della pubblicazione del [rapporto UNFCCC di revisione](#), è iniziato il cosiddetto "[periodo di allineamento](#)" (*true up period*), della durata di cento giorni, durante il quale, le Parti potranno continuare a svolgere tutte le transazioni necessarie ai fini di conformità (ad esempio, trasferimenti ed acquisto dei crediti di emissione). Una volta terminato il periodo di allineamento, l'Italia, come tutte le Parti incluse nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto, ha redatto e trasmesso il Report finale, definito "*True up period Report*", che è stato valutato al fine di accertare la congruenza fra obiettivi di riduzione ed emissioni rilasciate.

Tabella 2.2 - Sintesi delle informazioni per l'Italia nel secondo periodo del Protocollo di Kyoto 2013-2020

Informazioni relative al true-up period	
Emissioni di gas serra per il periodo 2013-2020 (t CO ₂ eq.) ^a	3,423,515,361
Unità del Protocollo di Kyoto ritirate nel periodo 2013-2020 ^b	2,160,408,200
Unità del Protocollo di Kyoto rimanenti nel periodo 2013-2020 ^b	458,540,782
Unità del Protocollo di Kyoto cancellate nel periodo 2013-2020 ^b	16,725,581

a) Rapporto UNFCCC di revisione dell'inventario italiano di gas serra 2022

b) International Transaction Log (ITL)

2.2 Il quadro clima-energia 2030

L'obiettivo di riduzione dell'Unione Europea successivo al 2020 e inviato all'UNFCCC come contributo dell'Unione (NDC)⁷ all'Accordo di Parigi prevedeva la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% a livello europeo rispetto all'anno 1990, senza utilizzo di meccanismi di mercato internazionali. Al tal fine, l'UE ha adottato il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2030", volto a ottenere, oltre alla riduzione di almeno il 40% delle emissioni, il raggiungimento di una quota di energie rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 pari ad almeno il 32% e la riduzione dei consumi di energia primaria del 32,5% rispetto all'andamento tendenziale stabilito nello scenario PRIMES 2007⁸ da conseguire attraverso l'aumento dell'efficienza energetica.

Nell'ambito del Green Deal europeo, la Commissione Europea ha proposto, nel 2020, di elevare l'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, includendo anche gli assorbimenti del settore LULUCF, nell'ottica di raggiungere la neutralità emissiva entro il 2050 come stabilito nella Long Term Strategy della Commissione Europea (2018a, 2018b). Il nuovo obiettivo al 2030 è stato riportato anche nell'aggiornamento dell'NDC inviato dall'UE all'UNFCCC nel dicembre 2020. L'Unione Europea, al fine di conseguire il nuovo NDC, ha adottato nel 2023 il pacchetto di proposte legislative noto come [Fit for 55](#), che ha revisionato profondamente l'insieme di direttive e regolamenti che a tutt'oggi stabiliscono gli obiettivi di riduzione delle emissioni, efficienza energetica e rinnovabili per gli Stati Membri, come illustrato nella figura 2.2.

Una parte dell'obiettivo di riduzione delle emissioni è ripartito tra i settori soggetti all'Emission Trading System (ETS), per i quali è richiesta a livello europeo una riduzione del 62% rispetto ai livelli del 2005.

Per la quota rimanente, non soggetta ad ETS, con l'approvazione del pacchetto [Fit for 55](#), sono stati definiti nuovi obiettivi nazionali per il [regolamento \(UE\) 857/2023](#) (noto come Effort Sharing): all'Italia è richiesta una riduzione complessiva del 43.7% delle emissioni rispetto ai livelli del 2005. In tale quadro sono stati inoltre revisionati gli impegni per il settore Land use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF), definiti con [regolamento \(UE\) 839/2023 LULUCF](#): il target al 2030 è un assorbimento pari ad almeno - 35.8Mt CO₂ eq.

Figura 2.2- Gli obiettivi europei e italiani del pacchetto Fit for 55



Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi sulle rinnovabili e sull'efficienza energetica, le [direttive \(UE\) 2018/2002](#) sull'Efficienza energetica, che prevedeva un obiettivo di efficienza energetica al 2030 pari al 32.5%, e [\(UE\) 2018/2001](#) sulle fonti rinnovabili, che prevedeva che la quota di energia da fonti rinnovabili del consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 sia almeno pari al 32%, sono state revisionate

⁷ <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>

⁸ lo scenario energetico adottato dalla Commissione europea come riferimento per la valutazione delle politiche di efficienza

con l'adozione della [direttiva \(UE\) 2023/1791 sull'efficienza energetica](#), che prevede che gli Stati Membri aumentino, gradualmente, il proprio risparmio energetico, per arrivare ad obiettivi specifici per il consumo primario (-40.6% di riduzione, obiettivo indicativo a livello EU) e per il consumo finale (-38% di riduzione, obiettivo obbligatorio a livello EU).

Per conciliare i temi della riduzione delle emissioni climalteranti con quelli della sicurezza energetica e dello sviluppo del mercato interno dell'energia, l'UE ha adottato il [regolamento \(UE\) 2018/1999](#) (di seguito regolamento Governance) che istituisce un sistema di Governance dell'Unione dell'Energia e mira a pianificare e tracciare le politiche e misure messe in atto dagli Stati membri. Il principale obiettivo del regolamento Governance (Art. 1) consiste nell'"attuare strategie e misure volte a conseguire gli obiettivi e traguardi dell'Unione dell'energia e gli obiettivi a lungo termine dell'Unione relativi alle emissioni dei gas a effetto serra conformemente all'accordo di Parigi, e in particolare, per il primo decennio compreso tra il 2021 e il 2030, i traguardi dell'Unione per il 2030 in materia di energia e di clima".

Fa parte, inoltre, del Fit for 55 il [meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere \(CBAM - regolamento \(UE\) 2023/956\)](#) che ha l'obiettivo di ridurre il rischio di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio, attraverso la definizione di un prezzo equo per il carbonio emesso durante la produzione di beni⁹ ad alta intensità di carbonio importati nell'UE, e di conseguenza incoraggiare la produzione di tali merci con una minore impronta carbonica nei paesi terzi.

In tale contesto, l'Italia ha definito il proprio Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) (MISE, 2020), con il quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra. Il PNIEC, dopo aver ricevuto le osservazioni da parte della Commissione Europea, dovrà essere finalizzato entro giugno 2024, includendo politiche di mitigazioni aggiuntive per raggiungere gli ambiziosi obiettivi nazionali declinati nell'ambito del pacchetto Fit for 55. Nello stesso ambito si collocano anche le Strategie nazionali di decarbonizzazione al 2050 che gli Stati membri devono adottare ai sensi dell'articolo 15 del regolamento Governance. L'Italia ha adottato la propria Strategia nazionale di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS) nel gennaio 2021 (AA.VV., 2021) individuando i possibili percorsi che potrebbero consentire di raggiungere entro il 2050 una condizione di neutralità emissiva, ossia l'equilibrio tra le emissioni di gas serra e gli assorbimenti di CO₂, con l'eventuale ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio geologico o riutilizzo della stessa. Sul piano operativo la Strategia italiana è stata elaborata in continuità con il PNIEC, sotto il coordinamento dei Ministeri dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (già della Transizione Ecologica), delle Imprese e del Made in Italy (già dello Sviluppo Economico, delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili), nonché di quello dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (già delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali).

Per fronteggiare le sfide dei cambiamenti climatici, l'Italia ha definito, nel 2015, la propria Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici (SNAC), cui è seguito il lungo iter che ha portato all'approvazione del [Piano Nazionale Adattamento ai Cambiamenti Climatici \(PNACC\)](#), nel dicembre 2023. L'obiettivo principale del PNACC è fornire uno strumento di indirizzo per la pianificazione e l'attuazione delle azioni finalizzate a ridurre al minimo possibile i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, a migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socioeconomici e naturali, in relazione alle criticità riscontrate, e per l'integrazione dei criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti di pianificazione esistenti. Inoltre, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), in collaborazione con ISPRA, ha realizzato la [Piattaforma nazionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici](#), un portale finalizzato ad informare e sensibilizzare i cittadini e i portatori di interessi sulla tematica dell'adattamento ed a rendere disponibili dati e strumenti utili a supportare la Pubblica Amministrazione nei processi decisionali.

⁹ Il meccanismo si applicherà alle importazioni delle merci ricadenti nei seguenti settori: cemento, acciaio, alluminio, fertilizzanti, elettricità e idrogeno, riportate nell'allegato I del [regolamento di esecuzione](#)

2.2.1 La direttiva Emissions Trading

La [direttiva 2003/87/CE](#) ha istituito il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra (*Emission Trading System – ETS*) a partire dal 2005 per alcuni dei settori industriali maggiormente energivori ed è stata successivamente modificata dalla [direttiva 2008/101/CE](#), che ha incluso nel sistema anche il settore dell'aviazione e dalla [direttiva 2009/29/UE](#). L'ETS interessa circa il 40% delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE.

Sulla base di quanto previsto dalla direttiva, per ogni anno viene fissato un tetto massimo di emissioni consentite per ciascun impianto/attività (quote di emissione) e attraverso un apposito registro europeo viene garantito lo scambio delle quote tra i diversi partecipanti al sistema. Ogni quota conferisce il diritto ad emettere 1 tonnellata di CO₂ eq. Le quote vengono acquisite tramite un sistema d'asta o assegnate a titolo gratuito, sulla base della tipologia di attività e in considerazione del rischio di carbon leakage (trasferimento della produzione in Paesi al di fuori dell'UE, dove, in assenza di politiche climatiche, i costi industriali possono essere inferiori). L'assegnazione a titolo gratuito si basa su parametri di riferimento che premiano le migliori prestazioni emissive (*benchmark*) e su regole di armonizzazione condivise a livello europeo. Le emissioni prodotte devono essere compensate da ciascun operatore tramite le quote assegnate o acquisite all'asta: emissioni superiori alle quote assegnate devono essere acquistate sul mercato da quegli operatori che hanno emesso meno delle quote a loro disposizione. È importante sottolineare che il tetto massimo si riduce nel tempo di modo che le emissioni totali diminuiscano gradualmente. Il numero massimo delle quote è infatti determinato a livello europeo e decresce dell'1.74% annuo dal 2013 al 2020; il tetto massimo 2013 è stato fissato sulla base della quantità media complessiva di quote emesse annualmente nel periodo. Gli impianti inclusi nell'ETS hanno ridotto le emissioni di circa il 35% tra il 2005 e il 2019.

Le principali novità contenute nella [direttiva 2018/410/UE](#) riguardano l'incremento del fattore di riduzione lineare annuo delle quote di emissione che passa da 1.74% a 2.2%, l'istituzione di una riserva per garantire la stabilità del mercato, l'introduzione di regole specifiche per evitare il carbon leakage, l'utilizzo di fondi per l'innovazione e la modernizzazione, l'aggiornamento dei *benchmark* emissivi per allinearli ai progressi tecnologici avvenuti dopo la loro definizione. La [direttiva 2023/958/UE](#) ha modificato la Direttiva 2003/87/UE per quanto riguarda il contributo del trasporto aereo all'obiettivo di riduzione delle emissioni in tutti i settori dell'economia dell'Unione. Nell'ambito delle più recenti politiche adottate a livello europeo in relazione agli obiettivi ETS al 2030, è stata adottata la [direttiva 2023/959/UE](#) che, modificando la direttiva 2003/87/UE, istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nell'Unione, e della decisione (UE) 2015/1814, relativa all'istituzione e al funzionamento di una riserva stabilizzatrice del mercato nel sistema dell'Unione per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra. Ulteriori informazioni sulla normativa e sul sistema di reporting sono disponibili nel [portale di amministrazione del Registro Italiano per l'Emission Trading ARIET](#).

2.2.2 La decisione Effort Sharing (2013-2020) ed il regolamento Effort Sharing (2021-2030)

Per il periodo 2013-2020, la [decisione 406/2009/UE Effort Sharing](#) ha suddiviso, tra gli Stati membri, l'obiettivo comunitario di riduzione delle emissioni di gas serra al 2020 per quei settori che non sono regolati dalla direttiva ETS: trasporti, riscaldamento edifici, parte dell'industria, agricoltura e rifiuti. Per l'Italia la decisione ha imposto un obiettivo di riduzione del 13% rispetto ai livelli del 2005 da raggiungere entro il 2020. Le decisioni 2013/162/UE, 2013/634/UE e 2017/1471/UE hanno successivamente stabilito gli obiettivi annuali di riduzione per l'intero periodo 2013-2020. La decisione 406/2009/UE ha inoltre definito alcuni strumenti di flessibilità che possono essere utilizzati qualora lo Stato Membro non riesca a rispettare il target emissivo annuale. Inoltre, gli Stati Membri, ai fini del raggiungimento dei target,

hanno potuto utilizzare i crediti di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, ovvero riduzioni di emissioni certificate (*Certified Emission Reductions* — CER) e unità di riduzione delle emissioni (*Emission Reduction Units* — ERU). Non sono previsti crediti dall'attività di uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura.

Il [regolamento \(UE\) 857/2023](#), che ha modificato il precedente regolamento (UE) 842/2018, definisce gli impegni degli Stati membri per il periodo 2021-2030; l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni del 55% è stato ripartito sulla base del PIL pro-capite del 2013 e definisce, per ciascuno Stato membro, la traiettoria da seguire per il raggiungimento di tale obiettivo attraverso delle allocazioni di emissioni annuali (AEA) che non possono essere superate. Per l'Italia è previsto un obiettivo di riduzione al 2030 pari al -43.7% rispetto al 2005, dopo la revisione avvenuta con l'adozione del pacchetto *Fit for 55*. Le AEA sono state stabilite nella [Decisione d'Esecuzione \(UE\) 2023/1319](#) della Commissione del 28 giugno 2023, che modifica la Decisione d'Esecuzione (UE) 2020/2126. Il regolamento Effort Sharing ha affiancato agli strumenti di flessibilità previsti dalla decisione 406/2009/UE due nuove flessibilità: la prima, limitata ad alcuni Stati membri, tra i quali non è inclusa l'Italia, prevede un trasferimento limitato di quote dal settore ETS; la seconda, destinata a tutti gli Stati membri, prevede la possibilità di utilizzare i crediti generati dagli assorbimenti del settore LULUCF per un ammontare massimo europeo di 280 milioni di tonnellate di CO₂eq. (per l'Italia la quantità massima di crediti è pari a 11.5 milioni di tonnellate di CO₂eq per il periodo 2021-2030).

Il regolamento Effort Sharing introduce, inoltre, un nuovo elemento di equità nello sforzo richiesto agli Stati membri per tenere conto delle azioni precoci da essi già effettuati: la cosiddetta "riserva di sicurezza". Tale riserva, costituita da un volume di quote pari a 105Mt, è destinata ai soli Paesi con PIL pro capite 2013 inferiore alla media EU che avranno effettuato maggiori riduzioni oltrepassando il proprio target al 2020 (*overachievement*). I Paesi beneficiari potranno avvalersi di una quota pari fino al 20% del proprio *overachievement* ai fini della conformità con gli obiettivi previsti dal Regolamento. L'accesso alla riserva è, comunque, subordinato al raggiungimento dell'obiettivo europeo di riduzione al 2030, pari al 55% rispetto ai livelli del 1990.

2.2.3 Il regolamento LULUCF

Il quadro normativo per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura è stato stabilito con il [regolamento \(UE\) 839/2023 LULUCF](#), che ha modificato il precedente regolamento (UE) 841/2018, e riguarda le emissioni e gli assorbimenti di CO₂ e le emissioni di gas a effetto serra di CH₄ e N₂O risultanti dal settore LULUCF, nel periodo dal 2021 al 2030.

Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie¹⁰ LULUCF riportate nella tabella 2.3 e le relative regole di contabilizzazione.

¹⁰ Managed forest land (*Forest land remaining forest land*), Afforested land (*land converted to forest land*), Deforested land (*Forest land converted to other land uses*), Managed cropland (*Cropland remaining cropland, land converted to cropland, cropland converted to other land uses*), Managed grassland (*Grassland remaining grassland, Cropland converted to grassland, Wetland converted to grassland, Settlements converted to grassland, Other land converted to grassland, Grassland converted to wetland, Grassland converted to settlement, Grassland converted to other land*)

Tabella 2.3 – Contabilizzazione del settore LULUCF per il periodo 2021-2025

Categorie	Regole di contabilizzazione 2021-2025
Afforested land	gross-net
Deforested land	gross-net
Managed cropland	net-net
Managed grassland	net-net
Managed forest land, inclusi HWP	FRL

La categoria *managed forest land* dovrà essere contabilizzata applicando il [livello di riferimento forestale \(FRL\)](#) (FRL); Il FRL permette la contabilizzazione di ogni credito (o debito) derivante dal confronto del bilancio emissioni/assorbimenti netti durante il periodo d'impegno con il livello di riferimento, generando debiti se gli assorbimenti diminuiscono rispetto a tali livelli e crediti se vi è invece un aumento degli assorbimenti. Il [livello di riferimento forestale \(FRL\)](#) per l'Italia è pari a $-19.66 \text{ Mt CO}_2 \text{ eq.}$, applicando una funzione di decadimento del primo ordine per le emissioni e gli assorbimenti derivanti dall'utilizzo di prodotti legnosi (*harvested wood product*, HWP). Il FRL per le foreste è basato sulla continuazione di pratiche sostenibili di gestione forestale, come documentate nel periodo dal 2000 al 2009 e tengono conto del futuro impatto delle caratteristiche dinamiche delle foreste collegate all'età, per non limitare, in modo ingiustificato, l'intensità di gestione forestale. Ulteriori informazioni sono riportate nel Piano Nazionale di contabilizzazione forestale, redatto nel 2019 (MASE, 2019).

La contabilizzazione delle categorie Afforested land e Deforested land dovrà tener conto delle emissioni e degli assorbimenti riportati nel periodo 2021-2025, mentre per le restanti categorie (Managed cropland e Managed grassland) le emissioni e assorbimenti cumulati nel periodo 2021-2025 dovranno essere confrontati con la media di emissioni ed assorbimenti delle stesse categorie del periodo 2005-2009. Per il periodo 2026-2030, per la contabilizzazione non si dovranno utilizzare le regole riportate in tabella 2.3, ma la contabilizzazione coinciderà con le emissioni e gli assorbimenti riportati nel periodo.

Da notare la possibilità, nell'ambito del regolamento Effort Sharing, di utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali Effort Sharing (la cosiddetta flessibilità LULUCF): per l'Italia tale flessibilità è pari a $11.5 \text{ MtCO}_2 \text{ eq.}$, per il periodo 2021-2030. Infine, se le emissioni LULUCF superano gli assorbimenti contabilizzati, si potranno compensare le emissioni con un aumento degli sforzi di riduzione delle emissioni nei settori inclusi nel regolamento Effort sharing, oppure con un acquisto di crediti LULUCF da altri Stati membri.

2.3 I mercati del carbonio

Il mercato del carbonio, attribuendo un prezzo alla CO₂, rappresenta un importante strumento di mitigazione e, attraverso il coinvolgimento del settore privato, può contribuire fortemente al raggiungimento degli obiettivi di lungo termine dell'Accordo di Parigi.

Il mercato del carbonio si basa sull'applicazione del principio del "chi inquina paga" ai gas effetto serra, considerati una fonte di inquinamento in quanto responsabili del cambiamento climatico. Il prezzo del carbonio crea un meccanismo che disincentiva le emissioni e sposta le scelte economiche verso soluzioni a basse emissioni.

2.3.1 Il sistema di scambio di quote di emissione

Il sistema di scambio di quote di emissioni si basa sulla limitazione della quantità totale di emissioni (*cap and trade*) che possono essere rilasciate nell'atmosfera, fissando un "tetto" di emissioni, che viene ridotto nel tempo al fine di raggiungere gli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il sistema *emission trading* assegna infatti un numero specifico di quote di emissione, una quota equivale a un permesso ad emettere una tonnellata di CO₂ eq, che possono essere scambiate tra i vari soggetti emettitori. Il prezzo delle quote di emissioni è variabile e dipende dall'equilibrio del mercato tra offerta-domanda.

Le quote di emissione sono assegnate o vendute all'asta ai soggetti che emettono gas serra, i quali possono poi scambiare tali quote all'interno del mercato. I meccanismi del mercato del carbonio possono essere stabiliti a livello internazionale (es lo scambio di quote regolato dall'UNFCCC), regionale (come l'EU *Emissions Trading*), o nazionale.

2.3.2 Il mercato regolato del carbonio e l'Articolo 6 dell'Accordo di Parigi

A livello internazionale, lo scambio di quote di emissioni di gas serra è stato regolato per la prima volta dall'articolo 17 del Protocollo di Kyoto nel 1997, che consentiva lo scambio di quote tra Paesi per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni previsti dall'Accordo. Oltre al commercio internazionale delle emissioni, il Protocollo di Kyoto ha istituito altri due meccanismi progettuali di flessibilità: il meccanismo di sviluppo pulito (*Clean Development Mechanism – CDM*) e l'implementazione congiunta (*Joint Implementation – JI*). L'obiettivo di questi meccanismi di flessibilità era quello di abbattere le emissioni dove era più economicamente vantaggioso, trasferendo conoscenze e tecnologie innovative nei Paesi in via di sviluppo.

Nell'era post-Kyoto, l'[Articolo 6 dell'Accordo di Parigi](#) riconosce la possibilità per i Paesi di utilizzare il mercato del carbonio internazionale per l'attuazione degli impegni determinati a livello nazionale per la riduzione delle emissioni ([NDC - Nationally Determined Contribution](#)). Nello specifico, l'articolo 6.2 dell'Accordo di Parigi prevede approcci di cooperazione volontari per lo scambio di "risultati di mitigazione delle emissioni internazionalmente trasferibili" (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes – ITMO*), volti al raggiungimento degli NDC, che promuovano lo sviluppo sostenibile e assicurino l'integrità ambientale e la trasparenza, applicando un robusto sistema di contabilizzazione che eviti la doppia contabilizzazione. Lo stesso articolo stabilisce quindi un quadro di regole solide e comuni per la contabilizzazione. L'articolo 6.4 dell'Accordo di Parigi istituisce invece un meccanismo volontario di tipo progettuale sotto l'autorità e la guida della Conferenza delle Parti e supervisionato da un organo ([Art.6.4 Supervisory Body](#)), al fine di contribuire alla riduzione delle emissioni di gas effetto serra e promuovere lo sviluppo sostenibile; incentivare e facilitare la partecipazione di entità pubbliche e private; contribuire alla riduzione dei livelli di emissione nei Paesi ospiti e in altri paesi per raggiungere i propri NDC e raggiungere una mitigazione complessiva nelle emissioni globali; contribuire alla riduzione dei

livelli di emissione nei Paesi ospiti che beneficiano delle attività di mitigazione che possono anche essere usate da altri Paesi parti per raggiungere i propri NDC.

Il testo dell'Accordo di Parigi ha delineato i requisiti per partecipare all'articolo 6, ma il libro delle regole per l'attuazione dell'Accordo di Parigi è stato finalizzato solo nel 2021, alla COP26; rimangono ancora importanti elementi da definire alla [COP29](#) perché l'articolo 6 venga pienamente implementato e diventi quindi operativo. In particolare, dovrebbero essere risolte le questioni chiave in materia di reporting e autorizzazione degli ITMO per l'articolo 6.2 e rispetto alle metodologie e agli assorbimenti di carbonio da includere tra le attività previste dal meccanismo dell'articolo 6.4.

2.3.3 Il mercato volontario

Negli ultimi anni diverse aziende hanno dichiarato le proprie intenzioni di ridurre volontariamente le emissioni di gas serra per contribuire al contenimento del riscaldamento del pianeta. A spingere verso queste dichiarazioni, c'è anche la pressione di investitori, come i fondi pensione del Nord Europa, i soggetti previdenziali anglosassoni, che richiedono ad esempio alle aziende del proprio portafoglio il rispetto di una serie di parametri legati al contenimento della crisi climatica, quali la trasparenza sulle emissioni di gas serra, suggeriti anche da organismi super partes come Carbon Disclosure Project (CDP).

Le aziende d'altro canto non possono azzerare del tutto le emissioni di gas serra, attraverso politiche e misure interne e sono costrette a compensare parte delle proprie emissioni attraverso il mercato volontario di crediti di carbonio. Il credito di carbonio è un'unità di carattere finanziario che rappresenta la rimozione o l'assorbimento di una tonnellata di CO₂e (CO₂ equivalente) e viene prodotto da progetti che generano riduzioni delle emissioni misurabili, quantificabili, tracciabili, verificate e certificate da un ente terzo indipendente.

La riduzione delle emissioni è calcolata raffrontando le emissioni di gas serra relative al progetto rispetto ad un livello di base (*baseline*) ipotetico di emissioni di gas serra che si avrebbe avuto in assenza del progetto. Le riduzioni delle emissioni sono verificate da entità indipendenti, formalmente validate al momento della sua emissione in forma di certificati, e misurate in tonnellate di CO₂ equivalenti.

Esistono diverse tipologie di certificazioni/standard per i crediti di riduzione/assorbimento; i principali standard internazionali sono Gold Standard; Verified Carbon Standard; American Carbon Registry; Climate Action Reserve, e si basano su differenti procedure e metodologie di calcolo, monitoraggio e verifica.

Di recente però, il mercato volontario ha suscitato forti dubbi sulla sua integrità ed è stata messa in dubbio la qualità dei crediti, che venivano acquistati dalle imprese, ma non veniva poi rispettato il meccanismo della compensazione, poiché i crediti non corrispondevano a riduzioni/assorbimenti di emissioni reali. Da ciò è emersa la necessità di avere delle procedure e metodologie più rigorose, anche a livello europeo.

2.3.4 Il regolamento EU Carbon removal certification framework

L'11 marzo 2024, i rappresentanti degli Stati membri in seno al Consiglio (Coreper) e alla commissione per l'ambiente del Parlamento hanno approvato il regolamento per l'istituzione di un quadro di certificazione dell'Unione per gli assorbimenti di carbonio (CRCF).

La proposta di regolamento era stata pubblicata dalla Commissione Europea nel novembre 2022 ed è stata presentata in sede di Gruppo Ambiente del Consiglio il 3 febbraio 2023, sotto Presidenza svedese. Al Consiglio Ambiente di marzo 2023 è stato condotto il primo dibattito politico. I lavori sono proseguiti sotto la Presidenza spagnola e nel marzo 2024 i negoziatori del Consiglio e del Parlamento europeo hanno raggiunto un accordo sul regolamento volto a istituire il primo quadro di certificazione dell'UE per lo stoccaggio permanente del carbonio, il sequestro del carbonio nei suoli agricoli e lo stoccaggio del carbonio nei prodotti.

Il quadro volontario è inteso ad agevolare e accelerare la realizzazione nell'UE di attività di assorbimento di alta qualità del carbonio e di riduzione delle emissioni nel suolo e si inserisce nell'ambito delle politiche per contrastare il cambiamento climatico.

Il regolamento costituisce un importante strumento, a carattere volontario, per promuovere gli assorbimenti di carbonio, determinanti per progredire verso il raggiungimento dell'obiettivo europeo della neutralità climatica entro il 2050. Il quadro mira a garantire l'elevata qualità degli assorbimenti di carbonio nell'UE e istituire un sistema di governance per le certificazioni dell'UE, attraverso la definizione di requisiti minimi, metodologia e standard per la misura e lo scambio degli assorbimenti di carbonio.

Il regolamento definisce gli assorbimenti di carbonio che è in linea coerentemente alle definizioni incluse nei rapporti del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) delle Nazioni Unite e comprende solo gli assorbimenti di carbonio atmosferico o biogenico, contemplando le seguenti attività di assorbimento del carbonio e di riduzione delle emissioni con una distinzione tra quattro tipi di unità corrispondenti:

- assorbimento permanente del carbonio (stoccaggio di carbonio atmosferico o biogenico per diversi secoli);
- stoccaggio temporaneo del carbonio in prodotti di lunga durata (come i prodotti da costruzione a base di legno), della durata di almeno 35 anni e che possa essere monitorato in loco durante l'intero periodo di monitoraggio;
- stoccaggio temporaneo del carbonio grazie al sequestro del carbonio nei suoli agricoli (ad esempio ripristino delle foreste e dei suoli, gestione delle zone umide, praterie sottomarine);
- riduzione delle emissioni nel suolo (grazie al sequestro del carbonio nei suoli agricoli), che comprende riduzioni del carbonio e del protossido d'azoto derivanti dalla gestione del suolo e attività che nel complesso devono ridurre le emissioni di carbonio dei suoli o aumentare gli assorbimenti del carbonio proveniente da materiali biologici (esempi di attività sono la gestione delle zone umide, l'assenza di pratiche di lavorazione e di copertura delle colture, la riduzione dell'uso di concime in combinazione con pratiche di gestione del suolo, ecc.).

Il regolamento prevede che le attività di assorbimento del carbonio debbano soddisfare quattro criteri generali per essere certificate: quantificazione, addizionalità, stoccaggio a lungo termine e sostenibilità. Sulla base di tali criteri, la Commissione, coadiuvata da un gruppo di esperti, svilupperà metodologie di certificazione specifiche per diversi tipi di attività di assorbimento del carbonio, al fine di garantire un'attuazione corretta, armonizzata ed efficiente in termini di costi dei criteri di assorbimento del carbonio.

Le attività certificate di assorbimento del carbonio e di riduzione delle emissioni nel suolo genereranno le unità corrispondenti (ove un'unità è pari a una tonnellata di CO₂ equivalente di beneficio in termini di assorbimento netto certificato generato da una delle attività di assorbimento del carbonio o di riduzione delle emissioni nel suolo). Tali unità certificate possono essere utilizzate solo per gli obiettivi climatici dell'UE e per il contributo determinato a livello nazionale (NDC) e non devono contribuire agli NDC di paesi terzi e a regimi di conformità internazionali.

Il regolamento stabilisce chiari obblighi di monitoraggio e norme in materia di responsabilità per gli operatori. I negoziatori hanno convenuto di distinguere tra il periodo di attività e il periodo di monitoraggio, che copre sempre almeno il periodo di attività, e hanno chiarito che gli operatori saranno tenuti ad affrontare eventuali casi di inversione (ossia il rilascio di CO₂ nell'atmosfera) derivanti da un'attività di assorbimento del carbonio durante il periodo di monitoraggio.

Il Regolamento invita la Commissione a istituire, quattro anni dopo l'entrata in vigore del regolamento, un registro elettronico comune e trasparente a livello dell'UE al fine di rendere pubbliche e accessibili le informazioni sulla certificazione e sulle unità, compresi i certificati di conformità e le sintesi delle relazioni sui controlli di certificazione. Fino ad allora, i sistemi di certificazione previsti dal quadro devono fornire

registri pubblici basati su sistemi automatizzati e interoperabili. Il registro UE sarà finanziato da canoni di utenza fissi annuali proporzionati all'utilizzo del registro.

2.3.5 Il registro italiano

[La legge 41/2023](#)¹¹ ha istituito, con l'art. 45.2-quater, il Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale, presso il Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), al fine di valorizzare le pratiche di gestione agricole e forestali sostenibili, in grado di migliorare le capacità di assorbimento del carbonio atmosferico e aggiuntive rispetto a quelle prescritte dalla normativa europea e nazionale in materia di conduzione delle superfici agricole e forestali. La normativa prevede che i crediti siano utilizzabili nell'ambito di un mercato volontario nazionale, in coerenza con quanto disposto in precedenza con l'istituzione del [Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali](#) (Registro)¹², presso la direzione generale competente del MASE. Da notare come il Registro istituito nel 2008 è parte integrante del «Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra»).

Con l'istituzione del Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale viene inoltre delimitato l'utilizzo dei relativi crediti; in particolare i crediti non possono essere utilizzati nel [mercato EU-ETS di cui al decreto legislativo 47/2020](#), e nel mercato [Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation \(CORSA\)](#).

I crediti, inoltre, pur contribuendo al raggiungimento degli obiettivi nazionali di assorbimento delle emissioni di gas serra contabilizzati da ISPRA nell'ambito degli obblighi internazionali, rilevano, ai fini dell'impiego su base volontaria, esclusivamente per le pratiche aggiuntive di gestione sostenibile realizzate.

Si prevede inoltre che il CREA ammetta all'iscrizione nel Registro i crediti di carbonio generati e certificati ai sensi del comma su richiesta dei soggetti proprietari ovvero gestori di superfici agroforestali, che realizzano attività di imboschimento, rimboschimento e gestione sostenibile agricola e forestale, aggiuntive rispetto a quelle previste dalla vigente normativa europea e nazionale di settore, coerentemente con le linee guida IPCC.

Entro ottobre 2023, si sarebbero dovute adottare, con decreto interministeriale MASAF-MASE, le linee guida volte a individuare i criteri per l'attuazione e a definire le modalità di certificazione dei crediti e di gestione del Registro nell'ambito del Sistema informativo agricolo nazionale (SIAN), in coerenza con le informazioni territoriali e produttive presenti nei fascicoli aziendali censiti nel Sistema. Solo successivamente avrebbero dovuto essere definite le modalità di iscrizione, aggiornamento e controllo dei crediti registrati.

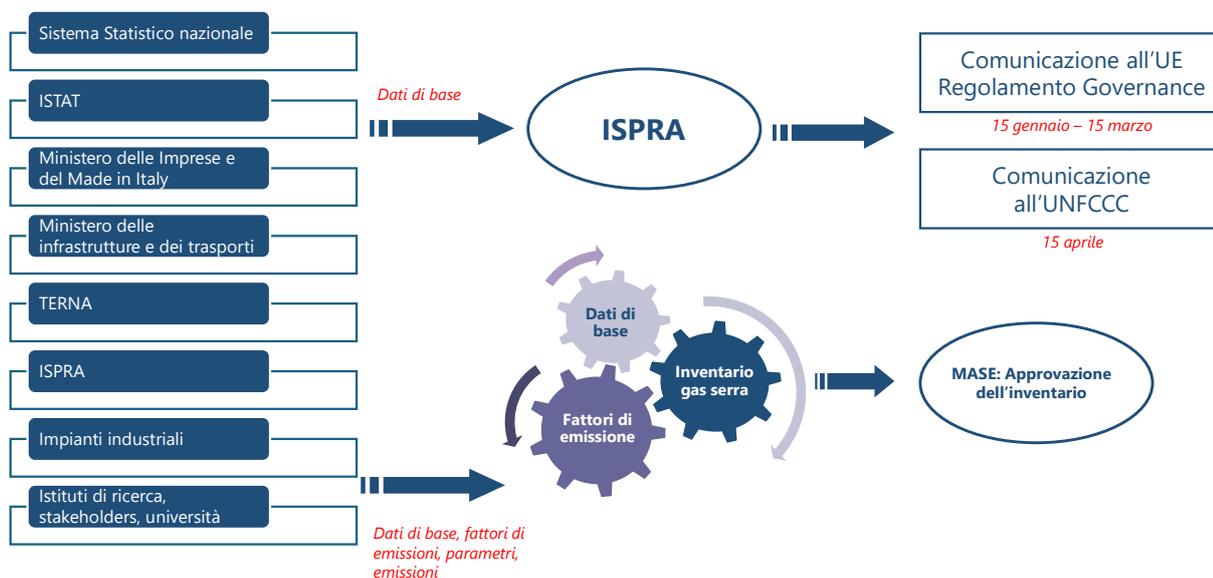
¹¹ Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 febbraio 2023, n. 13, recante disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale degli investimenti complementari al PNRR (PNC), nonché per l'attuazione delle politiche di coesione e della politica agricola comune. Disposizioni concernenti l'esercizio di deleghe legislative

¹² Decreto Ministeriale MATTM 1° aprile 2008 "Istituzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali" e successivi aggiornamenti

3 L'inventario nazionale dei gas serra

Come previsto dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) per tutti i Paesi industrializzati, in linea con gli impegni dell'Accordo di Parigi, e con gli obblighi europei ([regolamento Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima](#)) l'Italia compila, trasmette agli organismi europei ed internazionali, e pubblica annualmente l'inventario nazionale dei gas serra. A tal fine è stato istituito il Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni di gas serra descritto sinteticamente nella figura 3.1. L'ISPRA elabora e trasmette i [Common Reporting Format \(CRF\)](#), tabelle dei gas serra con serie storica, dal 1990, dei dati di attività, dei fattori di emissione e emissioni/assorbimenti, per i settori produttivi¹³ e LULUCF, e documenta in uno specifico rapporto, il [National Inventory Report \(NIR\)](#), le metodologie di stima utilizzate, unitamente ad una spiegazione degli andamenti osservati.

Figura 3.1- Il Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni di gas serra



Il *National Inventory Report* facilita i processi internazionali di verifica annuali cui le stime ufficiali delle emissioni dei gas serra sono sottoposte. In particolare, viene esaminata la rispondenza ai requisiti di *trasparenza, consistenza, comparabilità, completezza e accuratezza* nella realizzazione, stabiliti esplicitamente dalla Convenzione suddetta. L'inventario nazionale delle emissioni è sottoposto ogni anno ad un esame (*review*) da parte di un gruppo di esperti nominato dal Segretariato della Convenzione che analizza tutto il materiale presentato dal Paese e ne verifica in dettaglio la rispondenza ai requisiti sopra enunciati.

I dati di emissione dei gas-serra, i rapporti *National Inventory Report*, così come i risultati dei processi di *review*, sono pubblicati sul [sito web del Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici](#). L'ultima comunicazione ufficiale è quella inviata all'Unione Europea, nell'ambito degli obblighi di reporting derivanti dal regolamento Governance dell'Unione, ad aprile 2024, in cui si riportano le serie storiche dei gas serra dal 1990 al 2022. È da sottolineare come, in tale comunicazione ufficiale, i dati di emissioni di gas serra sono stati convertiti in CO₂ equivalente¹⁴ considerando i Global Warming Potential¹⁵

¹³ Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti

¹⁴ La CO₂ equivalente è la quantità di emissioni di CO₂ che causerebbe lo stesso forzante radiativo di una quantità emessa di un gas-serra ben mescolato, oppure un insieme di gas-serra ben mescolati, tutti moltiplicati per il loro rispettivo potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential - GWP) per considerare i diversi tempi di residenza in atmosfera.

¹⁵ I GWP considerati sono i GWP 100yrs della tabella 8.A.1 in appendix 8.A, *excluding the value for fossil methane* (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1>). Due decisioni UNFCCC hanno definite i GWP da considerare nell'ambito dell'Accordo di Parigi e per il reporting per l'UNFCCC: [Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention | UNFCCC](#); [Common metrics to calculate the carbon dioxide equivalence of greenhouse gases | UNFCCC](#)

(GWP) riferiti ad un arco di tempo pari a 100 anni, così come definito dall'IPCC nel *Fifth Assessment Report* (AR5). I GWP considerati in tali ambiti sono quindi pari a 1 per l'anidride carbonica (CO₂), 28 per il metano (CH₄) e 265 per il protossido di azoto (N₂O). Sono inoltre inclusi nell'AR5 i GWP relativi agli F-gas, per i quali occorre stimare e comunicare le emissioni in CO₂ equivalente.

Da sottolineare, infine, come il 2024 sia il primo anno in cui avrà inizio il nuovo quadro della trasparenza (ETF) dell'Accordo di Parigi. In tale ambito, l'Italia, come tutti gli altri Paesi, trasmetterà agli organismi internazionali il primo [Biennial Transparency Report \(BTR\)](#) entro dicembre 2024, di cui l'inventario nazionale è una parte fondamentale.

3.1 I settori e le metodologie di stima

L'inventario nazionale stima le emissioni di gas serra per attività dalle sorgenti incluse nei seguenti settori produttivi: Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti e assorbimenti ed emissioni di gas serra per il settore LULUCF. La metodologia di stima è in linea con quanto richiesto dalle linee guida IPCC¹⁶. Le stime si basano, generalmente, su fattori di emissione e parametri sviluppati a livello nazionale, sulla base dei dati e delle informazioni raccolte da ISPRA nell'ambito del Sistema Nazionale dell'inventario (vedi figura 3.1).

In particolare, per il settore Energia, le statistiche di base per la stima delle emissioni sono i consumi di carburante forniti nel bilancio energetico dal Ministero dello sviluppo economico. Ulteriori informazioni per la produzione di elettricità sono fornite dai principali produttori nazionali di elettricità e dal principale operatore di rete per la trasmissione di energia elettrica. I dati e le informazioni per il trasporto stradale, marittimo e aereo, come il numero di veicoli, le statistiche dei porti e i cicli di decollo e atterraggio degli aeromobili sono pubblicate dall'ISTAT e dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; altri dati vengono comunicati da diverse associazioni di categoria. Negli ultimi anni, i dati comunicati dai gestori nell'ambito dell'[European Emissions Trading Scheme \(ETS\)](#) sono utilizzati da ISPRA per la compilazione dell'inventario nazionale, per definire fattori di emissione nazionali e verificare i dati di attività, come produzione e utilizzo di combustibili, per il settore Energia e in alcuni settori produttivi dell'industria. Si utilizzano, inoltre, i dati sulle emissioni raccolti attraverso il registro nazionale delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti ([European Industrial Emissions Portal](#)¹⁷) nella stima delle emissioni o come verifica per alcune categorie specifiche. Un'altra fonte è costituita dai grandi impianti di combustione, nell'ambito della [European Directive on Large Combustion Plants](#), da cui si raccolgono dati dettagliati relativi, per esempio, al consumo di carburante. Per il settore industriale, inoltre, i dati annuali di produzione sono forniti da fonti quali annuari statistici o comunicati da associazioni di categoria. Per il settore Agricoltura, le emissioni vengono stimate a partire dai dati dell'ISTAT sulla produzione annuale, sui fertilizzanti e sulle consistenze degli allevamenti zootecnici; i dati annuali dei prelievi legnosi e delle aree percorse da incendi, gli inventari forestali nazionali sono invece alla base del processo di stima degli assorbimenti ed emissioni del settore LULUCF. Per il settore Rifiuti, i principali dati di attività derivano dal [Catasto Rifiuti](#) dell'ISPRA.

L'inventario Nazionale delle emissioni di gas serra viene sottoposto annualmente ad una revisione da parte di esperti indipendenti UNFCCC, al fine di valutare la coerenza degli approcci metodologici con quanto previsto dalle linee guida IPCC, la completezza, la trasparenza e l'accuratezza delle stime riportate. A livello europeo, un processo analogo di revisione avviene annualmente nell'ambito del [regolamento Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima](#).

¹⁶ [2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol](#)

¹⁷ Il portale [European Industrial Emissions](#) include le informazioni trasmesse annualmente nell'ambito della [direttiva emissioni industriali \(IED\)](#) e il registro nazionale delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti [E-PRTR \(European Pollutant Release and Transfer Register\)](#)

Il *National Inventory Report* (NIR) e le tabelle dei gas serra (Common Reporting Formats - CRF), comunicate ufficialmente nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC), e del regolamento Governance dell'Unione sono disponibili sul sito: <http://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/>. Informazioni di dettaglio sul processo di stima, metodologie e fattori di emissione per i diversi settori e categorie sono riportate nel [NIR](#).

3.2 L'andamento delle emissioni

Le emissioni italiane totali di gas serra, espresse in CO₂ equivalente, sono diminuite del 20.9% tra il 1990 ed il 2022. Questa riduzione, riscontrata in particolare dal 2008, è conseguenza sia della riduzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali a causa della crisi economica e della delocalizzazione di alcune produzioni industriali, ma anche della crescita della produzione di energia da fonti rinnovabili (idroelettrico ed eolico) e di un incremento dell'efficienza energetica e al passaggio all'uso di combustibili a minor contenuto di carbonio. Ha pesato inoltre il calo delle emissioni registrato a seguito della pandemia; nel 2021 e 2022 si è registrato un aumento delle emissioni, in conseguenza della ripresa della mobilità e delle attività economiche dopo il periodo pandemico. Le emissioni tendenziali di gas serra per il 2023¹⁸ registrano una riduzione delle emissioni totali rispetto ai 2 anni precedenti, principalmente a causa di una riduzione delle emissioni nel settore della produzione di energia elettrica.

Tra il 1990 e il 2022 le emissioni di tutti i gas serra sono passate da 522 a 413 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, variazione ottenuta principalmente grazie alla riduzione delle emissioni di CO₂, che contribuiscono per 82.7% del totale e risultano, nel 2022, inferiori del 22.3% rispetto al 1990. Una sintesi delle emissioni di GHG per settore/categoria/gas è riportata nelle tabelle 3.1 e 3.2.

Il settore energetico contribuisce in maniera maggioritaria alle emissioni nazionali di GHG con una quota, nel 2022, del 81.8%. Le emissioni di questo settore sono diminuite del 20.7% dal 1990 al 2022. Scendendo nei dettagli, la CO₂ mostra un decremento del 20.0% dal 1990 al 2022 e rappresenta il 96.9% del totale nel settore energetico; in termini di CO₂ equivalente totale, il settore dei trasporti (26.6% del totale delle emissioni di energia) ha registrato un aumento dell'7.4% dal 1990 al 2022; mentre tutti gli altri settori economici registrano marcate riduzioni (ad eccezione dei rifiuti che però contribuiscono con circa il 5% al totale nazionale).

Le emissioni relative al settore processi industriali hanno mostrato una diminuzione del 37.8% dal 1990 al 2022. La decrescita delle emissioni è dovuta principalmente alla riduzione nel settore della chimica (dovuta alla tecnologia di abbattimento resa pienamente operativa nell'industria dell'acido adipico) e delle emissioni della produzione di minerali e metalli. Un notevole aumento è stato osservato nelle emissioni di gas fluorurati¹⁹, il cui livello sul totale delle emissioni settoriali è del 42.1%. Va notato che, salvo le motivazioni spiegate, la recessione economica ha avuto una notevole influenza sui livelli di produzione della maggior parte delle industrie e le conseguenti emissioni negli ultimi anni.

¹⁸ Ulteriori informazioni sono disponibile nelle comunicazioni trimestrali di andamento delle emissioni di gas serra: <https://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/>

¹⁹ Idrofluorocarburi (HFCs), Perfluorocarburi (PFCs), Esafluoruro di zolfo (SF₆), Trifluoruro di azoto (NF₃)

Tabella 3.1 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2022, per gas e per settore (kt CO₂ eq.)

Emissioni GHG	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>kt CO₂ equivalente</i>										
CO ₂ escluso LULUCF	438,208	448,596	469,598	501,366	435,701	361,246	339,641	302,614	335,920	340,904
CO ₂ incluso LULUCF	432,937	424,242	448,286	466,925	395,419	318,828	301,380	274,409	310,024	318,796
CH ₄ escluso LULUCF	54,971	57,026	57,698	54,806	52,874	49,370	46,685	47,402	47,036	45,714
CH ₄ incluso LULUCF	55,691	57,196	58,098	54,973	53,071	49,518	46,787	47,588	47,525	46,072
N ₂ O escluso LULUCF	24,475	26,416	27,183	26,337	18,305	17,101	16,897	17,570	17,457	15,738
N ₂ O incluso LULUCF	25,383	27,212	27,872	26,925	18,707	17,436	17,354	18,090	18,076	16,288
HFCs	372	1,100	3,747	9,666	12,805	12,082	11,089	9,971	9,411	9,085
PFCs	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,529	915	499	395	439
Mix di HFCs e PFCs	NO,NA	24	24	24	24	24	23	22	25	22
SF ₆	421	700	621	565	405	483	438	252	282	390
NF ₃	NA,NO	77	13	33	20	28	18	16	15	20
CO ₂ indirette	1,311	1,211	1,073	1,041	860	692	786	705	740	728
Totale (senza LULUCF)*	522,373	536,500	561,322	595,598	522,371	442,557	416,493	379,051	411,282	413,041
Totale (con LULUCF)*	518,730	513,112	541,099	561,913	482,687	400,621	378,791	351,552	386,495	391,842

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>kt CO₂ equivalente</i>										
1. Energia	426,167	438,670	460,484	488,344	429,916	359,981	336,404	300,064	332,164	337,877
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	37,946	36,299	38,240	47,132	36,591	29,094	27,330	24,290	25,300	23,620
3. Agricoltura	37,953	38,312	37,430	35,028	32,634	32,455	32,314	33,534	32,862	30,764
4. LULUCF	-3,643	-23,388	-20,223	-33,685	-39,684	-41,935	-37,702	-27,499	-24,787	-21,199
5. Rifiuti	18,996	22,008	24,094	24,052	22,371	20,334	19,659	20,458	20,215	20,052
CO ₂ indirette	1,311	1,211	1,073	1,041	860	692	786	705	740	728
Totale (con LULUCF)*	518,730	513,112	541,099	561,913	482,687	400,621	378,791	351,552	386,495	391,842

* Le emissioni totali includono le emissioni indirette di CO₂

Per l'agricoltura le emissioni si riferiscono principalmente ai livelli di CH₄ e N₂O, che rappresentano rispettivamente il 67.7% e il 31.5% del totale settoriale. La diminuzione osservata delle emissioni osservata nel periodo 1990-2022 (-18.9%) è principalmente dovuta alla diminuzione delle emissioni di CH₄ da fermentazione enterica (-15.2%), che rappresentano il 47.1% delle emissioni settoriali, e alla diminuzione di N₂O dai suoli agricoli (-22.5%), che rappresenta il 25.9% delle emissioni settoriali.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura, dal 1990 al 2022 gli assorbimenti totali in CO₂ equivalente sono notevolmente aumentati; la CO₂ rappresenta la quasi totalità delle emissioni e degli assorbimenti del settore (96.1%).

Infine, le emissioni del settore rifiuti sono aumentate del 5.6% dal 1990 al 2022, principalmente a causa dell'aumento delle emissioni da smaltimento in discarica (13.9%), che rappresentano il 77.6% delle emissioni dei rifiuti. Il gas serra più importante in questo settore è il CH₄ che rappresenta il 91.8% delle emissioni settoriali e registra un aumento del 6.3% dal 1990 al 2022. I livelli di emissione di N₂O sono aumentati del 31.0%, mentre la CO₂ è diminuita dell'77.8%; questi gas rappresentano rispettivamente il 7.6% e lo 0.6% nel settore.

Tabella 3.2 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2022, per gas e per settore (kt CO₂ eq.)

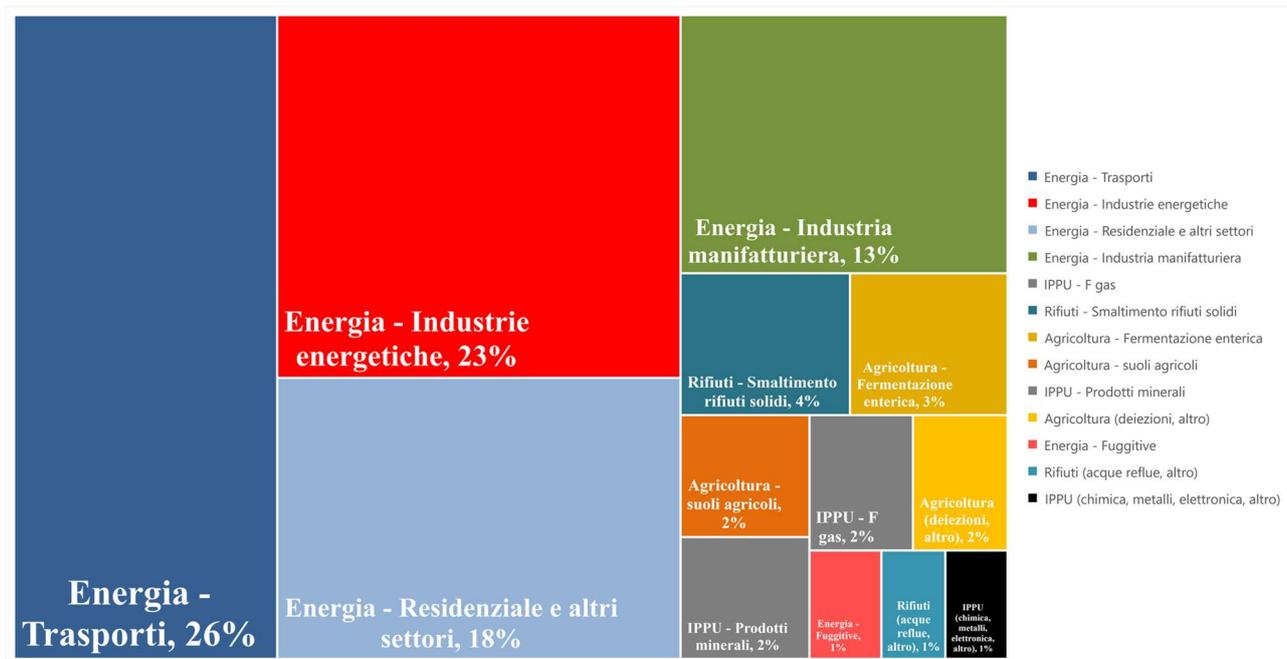
Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
	<i>kt CO₂ equivalente</i>									
A. Energia: combustione	411,964	425,294	448,394	477,728	420,239	351,304	329,440	293,871	326,508	332,826
<i>CO₂: 1. Industrie energetiche</i>	136,941	139,941	144,273	159,227	136,885	105,486	91,235	81,213	86,009	94,410
<i>CO₂: 2. Industrie manifatturiere e costruzioni</i>	90,773	88,970	94,894	90,787	68,890	54,542	48,972	44,907	53,491	53,701
<i>CO₂: 3. Trasporti</i>	100,319	111,531	121,642	126,780	114,626	105,589	105,234	85,639	101,847	108,654
<i>CO₂: 4. Altri settori</i>	76,042	75,580	79,169	92,324	90,908	77,684	76,235	74,593	77,246	68,336
<i>CO₂: 5. Altro</i>	1,071	1,496	837	1,233	652	459	453	625	314	511
<i>CH₄</i>	2,735	3,023	2,762	2,573	3,522	3,353	3,273	3,124	3,449	3,194
<i>N₂O</i>	4,083	4,753	4,817	4,804	4,756	4,190	4,037	3,770	4,152	4,021
1B2. Energia: Fuggitive	14,203	13,376	12,090	10,616	9,676	8,677	6,964	6,193	5,656	5,051
<i>CO₂</i>	4,048	4,002	3,262	2,557	2,377	2,574	2,756	2,112	1,816	1,799
<i>CH₄</i>	10,145	9,363	8,818	8,047	7,289	6,094	4,200	4,074	3,832	3,244
<i>N₂O</i>	11	10	11	12	11	9	8	7	8	8
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	37,946	36,299	38,240	47,132	36,591	29,094	27,330	24,290	25,300	23,620
<i>CO₂</i>	27,992	26,049	24,743	27,663	20,804	14,355	14,230	12,932	14,621	13,145
<i>CH₄</i>	144	150	82	83	67	48	46	38	45	39
<i>N₂O</i>	6,402	6,848	7,646	7,338	1,088	545	570	559	505	480
<i>HFCs</i>	372	1,100	3,747	9,666	12,805	12,082	11,089	9,971	9,411	9,085
<i>PFCs</i>	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,529	915	499	395	439
<i>Mix di HFCs e PFCs</i>	NO,NA	24	24	24	24	24	23	22	25	22
<i>SF₆</i>	421	700	621	565	405	483	438	252	282	390
<i>NF₃</i>	NA,NO	77	13	33	20	28	18	16	15	20
3. Agricoltura	37,953	38,312	37,430	35,028	32,634	32,455	32,314	33,534	32,862	30,764
<i>CO₂: Calcitazione</i>	1	1	2	14	18	14	16	10	26	4
<i>CO₂: Applicazione di urea</i>	465	512	525	507	335	425	396	472	414	218
<i>CO₂: Altri fertilizzanti contenenti carbonati</i>	44	54	44	42	28	20	17	21	22	12
<i>CH₄: Fermentazione enterica</i>	17,093	16,697	16,509	14,484	14,100	14,272	14,584	14,771	14,695	14,487
<i>CH₄: Gestione delle deiezioni</i>	5,424	5,161	5,122	5,248	5,088	5,017	4,873	4,880	4,787	4,791
<i>CH₄: Coltivazione di riso</i>	2,102	2,228	1,855	2,078	2,255	1,943	1,721	1,696	1,677	1,547
<i>CH₄: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	15	15	15	13	9	9	8	8	9	8
<i>N₂O: Gestione delle deiezioni</i>	2,518	2,408	2,330	2,148	2,079	1,868	1,809	1,804	1,767	1,722
<i>N₂O: Suoli agricoli</i>	10,288	11,233	11,024	10,490	8,720	8,886	8,888	9,868	9,463	7,972
<i>N₂O: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2
4. LULUCF	-3,643	-23,388	-20,223	-33,685	-39,684	-41,935	-37,702	-27,499	-24,787	-21,199
<i>CO₂</i>	-5,271	-24,353	-21,312	-34,440	-40,282	-42,418	-38,261	-28,205	-25,895	-22,108
<i>CH₄</i>	720	170	400	168	196	148	101	186	489	358

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
N ₂ O	908	796	689	587	402	335	457	520	619	550
6. Rifiuti	18,996	22,008	24,094	24,052	22,371	20,334	19,659	20,458	20,215	20,052
CO ₂	512	458	208	230	177	99	96	89	114	114
CH ₄	17,313	20,390	22,536	22,279	20,545	18,634	17,980	18,810	18,540	18,404
N ₂ O	1,171	1,160	1,350	1,543	1,649	1,601	1,583	1,559	1,561	1,534
Emissioni indirette CO ₂	1,311	1,211	1,073	1,041	860	692	786	705	740	728
Emissioni totali (con LULUCF)*	518,730	513,112	541,099	561,913	482,687	400,621	378,791	351,552	386,495	391,842
Emissioni totali (senza LULUCF)*	522,373	536,500	561,322	595,598	522,371	442,557	416,493	379,051	411,282	413,041

* Le emissioni totali includono le emissioni indirette di CO₂

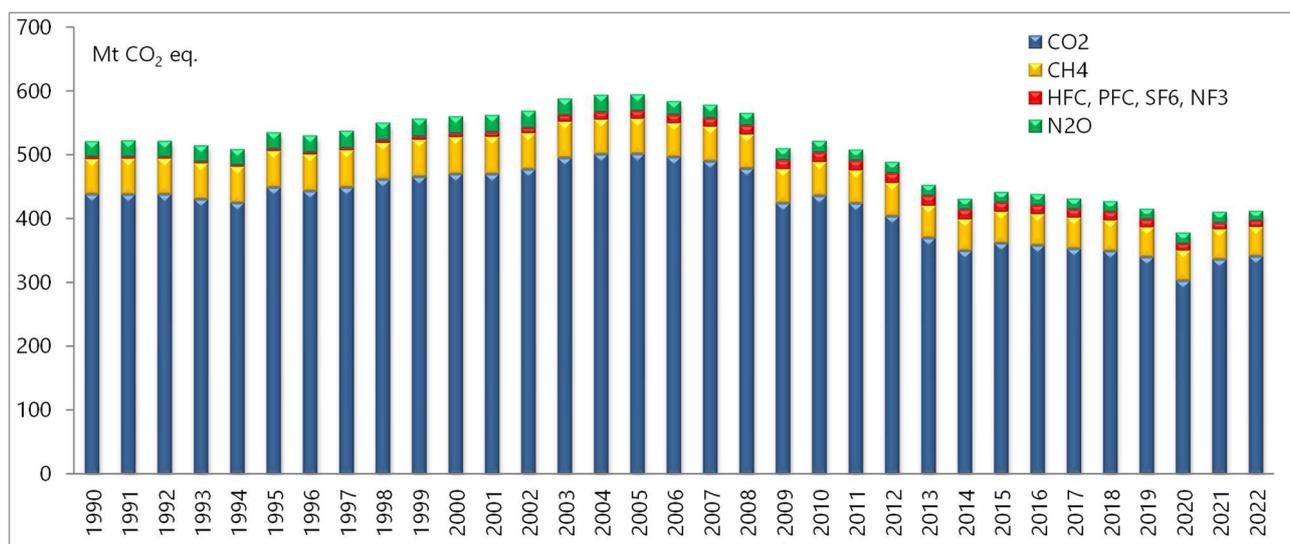
Le categorie emmissive del settore Energia contribuiscono con oltre l'80% alle emissioni totali di gas serra nel 2022, come mostrato in figura 3.2. Responsabili di circa la metà delle emissioni nazionali di gas climalteranti sono le categorie dei trasporti (26% del totale nazionale) e della produzione di energia (23%); un contributo importante alle emissioni totali è inoltre rappresentato dalle categorie del residenziale (18%) e dell'industria manifatturiera (13%). Il settore Agricoltura e le categorie emmissive dei Processi industriali ed uso di altri prodotti (IPPU) sono responsabili del 7.4% e 5.7%, rispettivamente, mentre il settore Rifiuti contribuisce al restante 4.9% alle emissioni totali.

Figura 3.2 - Emissioni nazionali di gas climalteranti nel 2022 per categorie settoriali (proporzione stimata in base al contributo in CO₂ equivalente)



Il contributo maggiore nelle emissioni di gas serra è imputabile alla CO₂, seguita dal CH₄, dal N₂O e dagli F-gas. Il contributo di questi gas alle emissioni totali è variato nel periodo 1990-2022 (figura 3.3).

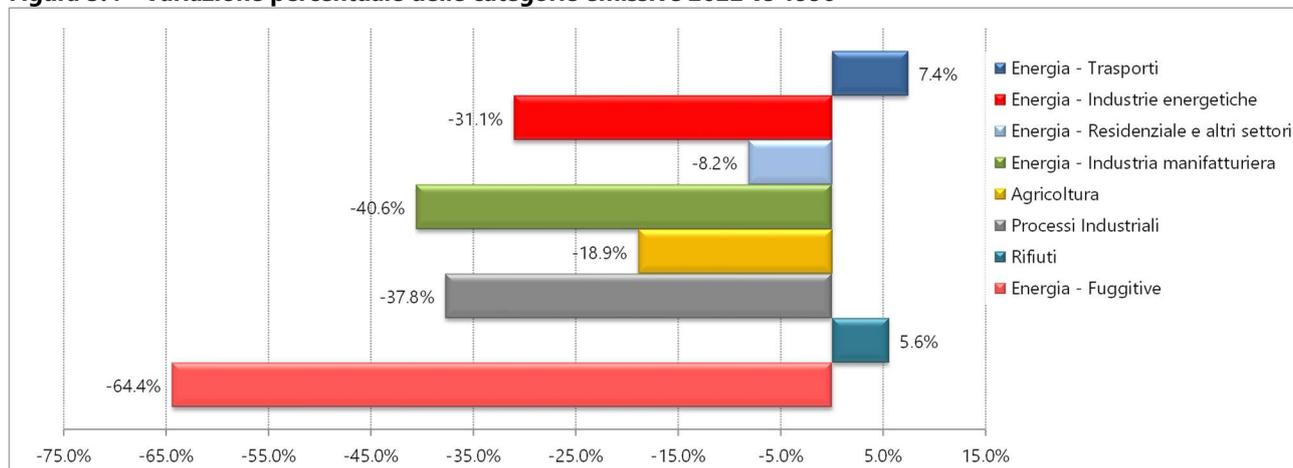
Figura 3.3 - Emissioni nazionali di gas climalteranti dal 1990 al 2022 per gas (escluso LULUCF)



In figura 3.4 sono mostrate le variazioni percentuali delle diverse categorie emmissive nel 2022 rispetto al 1990. Da notare inoltre come i trasporti, le cui emissioni sono rappresentate da oltre il 90% dal trasporto

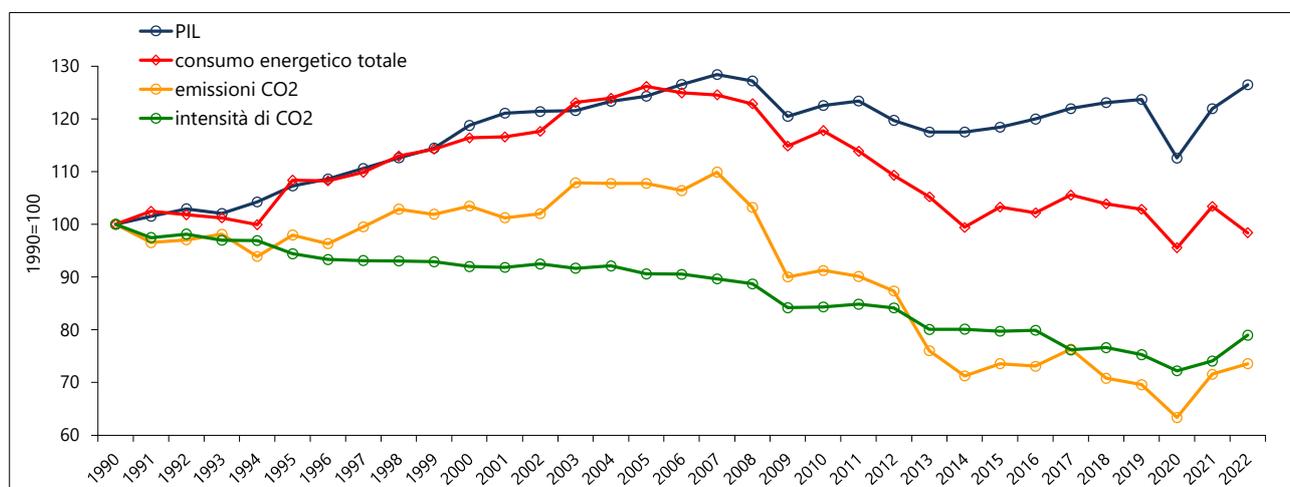
stradale, sono aumentate di oltre il 7%, dal 1990, mentre tutti gli altri settori economici registrano marcate riduzioni (ad eccezione dei rifiuti che però contribuiscono con circa il 5% al totale nazionale). La riduzione delle emissioni di CO₂ è dovuta principalmente alla riduzione delle emissioni osservata nelle industrie energetiche, manifatturiere e nelle costruzioni; nel periodo 1990-2022 le emissioni delle industrie energetiche sono diminuite del 31.1% mentre quelle delle industrie manifatturiere e delle costruzioni mostrano una diminuzione del 40.6%. Il settore dei trasporti ha mostrato un aumento delle emissioni fino al 2007; alla successiva diminuzione, dovuta alla recessione economica ed alla penetrazione di veicoli a basso consumo di carburante, è seguito un aumento del 7.4% delle emissioni nel 2022 rispetto al 1990.

Figura 3.4 - Variazione percentuale delle categorie emmissive 2022 vs 1990



L'andamento delle emissioni da combustione non industriale è trainato dalla variazione climatica annua mentre le emissioni da processi industriali sono diminuite del 37.8% principalmente per la diminuzione della produzione di cemento. Le emissioni di CO₂ negli anni '90 rispecchiavano essenzialmente il consumo di energia. Solo negli ultimi anni si osserva un disaccoppiamento tra le curve dei consumi e delle emissioni, principalmente a seguito della sostituzione di combustibili ad alto contenuto di carbonio con gas metano nella produzione di energia elettrica e nell'industria; negli ultimi anni l'aumento dell'utilizzo delle fonti rinnovabili ha portato a una notevole riduzione dell'intensità di CO₂, come riportato in figura 3.5. Nel 2021 e 2022 dopo il forte calo delle emissioni ed il rallentamento della crescita economica dovuti alla crisi pandemica, si registra una ripresa del PIL, a cui si accompagna una ripresa del consumo di energia e delle emissioni.

Figura 3.5 – Emissioni di CO₂ e indicatori energetici-economici



Le emissioni di CH₄, nel 2022, provengono principalmente dal settore agricolo che rappresenta il 45.6% delle emissioni totali di metano, oltre che dai settori dei rifiuti (40.3%) ed energia (14.1%). Nel settore energetico, la riduzione delle emissioni di CH₄ (-50.0%) è il risultato di due fattori contrastanti: da un lato si registra una notevole riduzione delle emissioni derivanti da industrie energetiche, trasporti, emissioni fuggitive da combustibili (causate dall'estrazione e distribuzione di combustibili fossili, per la progressiva sostituzione delle reti di distribuzione del gas naturale), dall'altro si osserva invece un forte incremento nel settore civile, per effetto del maggiore utilizzo di metano e biomasse nei sistemi di riscaldamento.

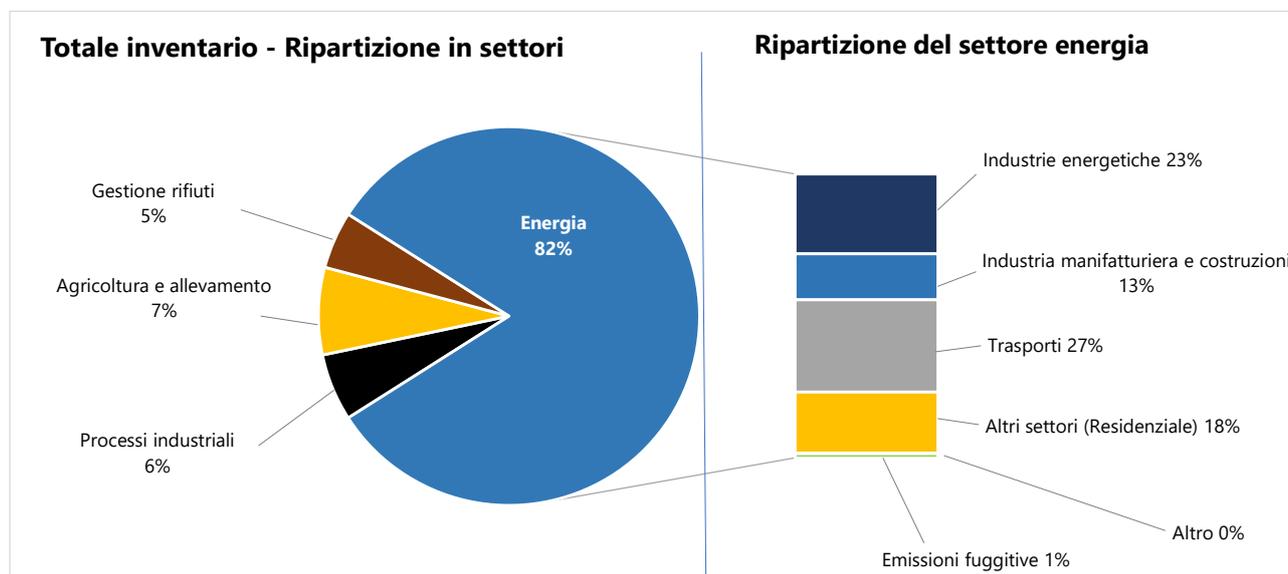
Nel 2022 le emissioni di protossido di azoto (escluso LULUCF) rappresentano il 3.9% del totale dei gas serra, con una diminuzione del 35.7% tra il 1990 e il 2022, da 24.4 a 15.7 Mt CO₂ equivalente. La principale fonte di emissioni di N₂O è il settore agricolo (61.6%), in particolare l'utilizzo di fertilizzanti sia chimici che organici in agricoltura, nonché la gestione delle deiezioni prodotte dal bestiame allevato. Le emissioni del settore agricolo mostrano una diminuzione del 24.3% nel periodo 1990-2022, a causa della riduzione del numero di capi di bestiame. Le emissioni del settore energetico (25.6% del totale) registrano una diminuzione del 1.59% dal 1990 al 2022; tale andamento è riconducibile principalmente alla riduzione del 40.2% nell'industria manifatturiera e nelle costruzioni (che rappresentano il 4.5% del totale delle emissioni di N₂O) dovuta principalmente alla riduzione negli ultimi anni della produzione di cemento; la tendenza al ribasso è stata controbilanciata dall'aumento delle emissioni del 32.5% nella categoria altri settori, che rappresenta il 13.0% del totale delle emissioni di N₂O, per effetto del maggiore utilizzo di biomasse negli impianti di riscaldamento. Per il settore industriale, le emissioni di N₂O mostrano una diminuzione del 92.5% dal 1990 al 2022, quasi totalmente dovuta all'introduzione di sistemi di abbattimento negli impianti di produzione di acido nitrico e acido adipico che hanno ridotto drasticamente le emissioni di questi processi.

Riguardo agli altri gas serra, HFC, PFC, SF₆ e NF₃, sebbene essi abbiano un peso complessivo sul totale delle emissioni nazionali del 2.4%, è opportuno evidenziare la forte crescita degli HFC, in controtendenza rispetto alla riduzione delle emissioni dei PFC e, in misura minore, di SF₆. Tali variazioni non sono risultate determinanti ai fini del conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni; tuttavia, la significatività del trend degli HFC potrebbe renderli sempre più importanti nei prossimi anni.

3.3 Il settore Energia

Nel 2022, come mostrato in figura 3.6, il settore Energia è responsabile, in Italia di circa l'81.8% delle emissioni nazionali di gas climalteranti; le emissioni in termini di CO₂ equivalente sono riportate in tabella 3.3. Considerando i singoli gas, tale settore è responsabile di quasi la totalità delle emissioni totali di CO₂ (96.0%), dell'14.1% delle emissioni di CH₄ e del 25.6% emissioni di N₂O.

Figura 3.6 – Ripartizione percentuale delle emissioni di gas climalteranti dai diversi settori e dettaglio del settore Energia



Rispetto al 2005 le emissioni di GHG del settore sono in diminuzione per effetto delle politiche adottate a livello europeo e nazionale per implementare la produzione di energia da fonti rinnovabili. Dallo stesso anno, è stato osservato un ulteriore passaggio dai prodotti petroliferi al gas naturale nella produzione di energia in conseguenza dell'avvio, al 1° gennaio 2005, del sistema di scambio di emissioni di gas serra dell'UE (EU ETS). Dal 2009 un ulteriore calo delle emissioni settoriali è dovuto alla recessione economica. In generale, dal 2005 si osserva una diminuzione delle emissioni totali di GHG e le variazioni annuali sono sempre negative ad eccezione del 2010 a causa di una ripresa dell'economia dopo la recessione economica e del 2015 dove le emissioni sono aumentate del 3.5% rispetto al 2014 a causa di una riduzione della produzione idroelettrica che ha comportato un aumento della produzione di energia da centrali termoelettriche per soddisfare il fabbisogno energetico. Dal 2016 il principale motore della diminuzione delle emissioni è il passaggio dal carbone al consumo di gas naturale per la produzione di energia. Nel 2020 si registra un'ulteriore significativa diminuzione delle emissioni dovuta alla pandemia e al conseguente regime di *lock-down* a cui è stato sottoposto il Paese. Nel 2021 e nel 2022, la fine della pandemia e la ripresa dell'economia hanno comportato un aumento delle emissioni rispetto all'anno precedente. In definitiva, i consumi di energia da fonti primarie nel periodo 1990-2022 mostrano un evidente passaggio da prodotti petroliferi e combustibili solidi a gas naturale e rinnovabili mentre la quota di consumo di energia elettrica è variabile e guidata dal mercato. Rispetto al 1990, diminuiscono le emissioni provenienti dal settore delle industrie energetiche del 31% nel 2022, a fronte di un aumento della produzione di energia termoelettrica (da 178.6 Terawattora (TWh) a 199.2 TWh) e dei consumi di energia elettrica (da 218.7 TWh a 295.9 TWh). In tabella 3.3 è riportata la serie storica delle emissioni di gas climalteranti per settore dal 1990 al 2022.

Tabella 3.3 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Energia (Mt CO₂ eq.)

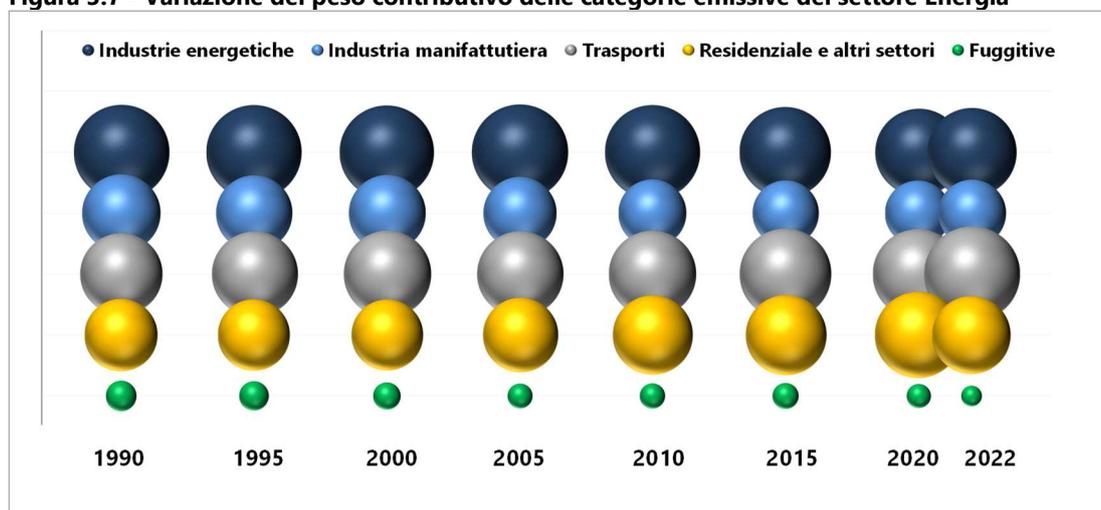
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Industrie energetiche	137.6	140.6	144.9	159.9	137.5	106.1	91.7	81.6	86.4	94.9
Industria manifatturiera	92.2	90.2	96.2	92.3	70.0	55.6	50.0	45.8	54.6	54.7
Trasporti	102.2	114.2	124.0	128.4	115.9	106.7	106.3	86.6	102.9	109.8
Residenziale e altri settori	80.0	80.3	83.3	97.2	96.8	83.0	81.4	79.8	82.6	73.5
Fuggitive	14.2	13.4	12.1	10.6	9.7	8.7	7.0	6.2	5.7	5.1
Totale settore Energia	426.2	438.7	460.5	488.3	429.9	360.0	336.4	300.1	332.2	337.9

Le emissioni del settore energetico costituiscono, da sole, in media, oltre l'80% delle emissioni nazionali annuali tra il 1990 e il 2022. Considerando il totale delle emissioni del settore Energia, il contributo maggiore è rappresentato dalle industrie energetiche, il cui contributo relativo, in calo dal 2006, registra un aumento del 2022. I trasporti, viceversa, registrano negli ultimi 10 anni un aumento del contributo relativo alle emissioni; le emissioni di tale categorie, rappresentate da oltre il 90% dal trasporto stradale, sono aumentate di oltre il 7.4%, dal 1990: ad una prima fase di crescita fino al 2007, segue una fase di decrescita delle emissioni fondamentalmente dovuta alla crisi economica e, negli anni più recenti, anche alla penetrazione nel mercato di veicoli più efficienti; la notevole riduzione registrata dal 2019 al 2020 è imputabile alla contrazione delle percorrenze e dei consumi in conseguenza della crisi pandemica, mentre nel 2021 e nel 2022 si assiste ad una notevole ripresa.

Le emissioni della categoria residenziale e servizi, complessivamente stabili negli ultimi anni, fanno registrare una diminuzione nel 2022, per motivi congiunturali legati alle temperature. Il settore dell'industria manifatturiera, viceversa, è in calo, con una forte diminuzione tra gli anni 2008/2009. Le fuggitive, infine, presentano una tendenza alla diminuzione, considerando l'intero periodo analizzato.

In figura 3.7 viene descritta la variazione nel tempo del peso delle diverse categorie emissive relative al settore Energia.

Figura 3.7 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Energia

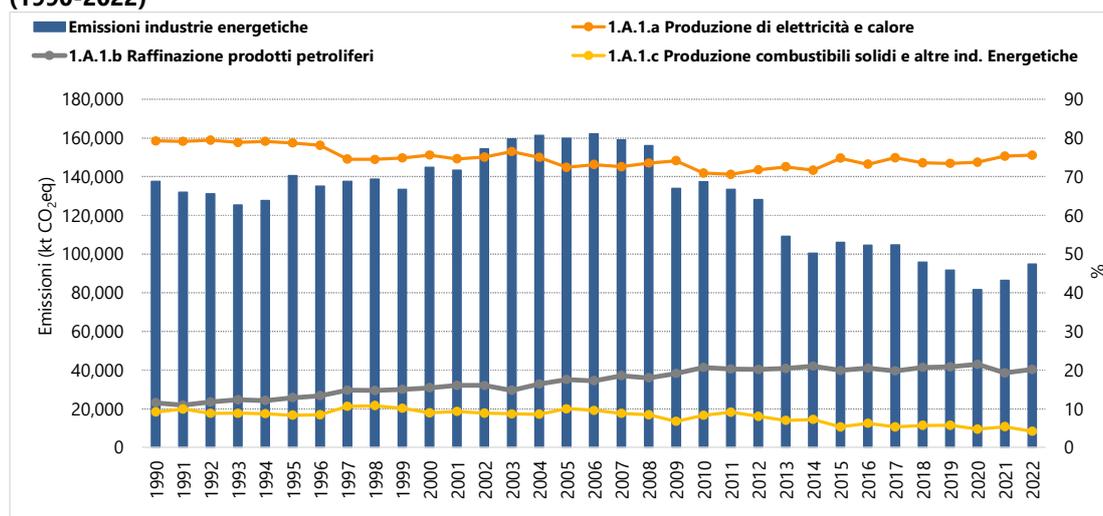


3.3.1 Industrie energetiche

Le emissioni del settore Industrie energetiche costituiscono, in media, circa il 30% del settore Energia; dopo aver raggiunto il picco di emissioni nell'anno 2006, sono in forte calo, registrando una diminuzione di circa il 40% delle emissioni assolute rispetto al valore massimo.

Il settore può suddividersi nella Produzione di elettricità e calore, che in media rappresenta circa il 76% delle emissioni del settore, dalla raffinazione dei prodotti petroliferi (in media il 20% del settore) e dalla produzione di combustibili fossili e altre industrie energetiche, che rappresentano in media il restante 4%.

Figura 3.8 - Emissioni di gas serra CO₂ eq. del settore industrie energetiche e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2022)



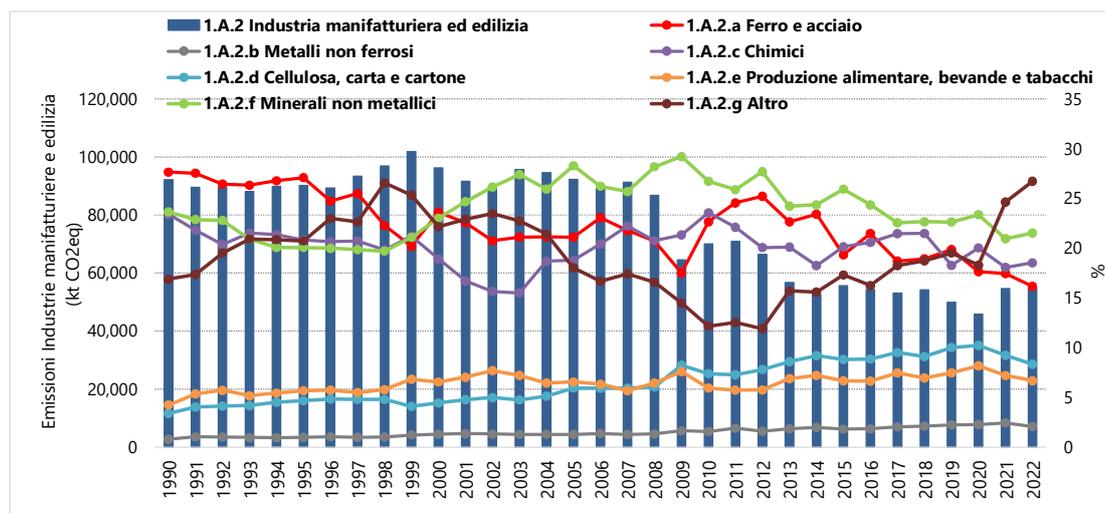
L'andamento delle emissioni è guidato dalla produzione di energia elettrica che decresce a partire dal 2007 grazie a un aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili, unito ad un'ulteriore riduzione dell'utilizzo di prodotti petroliferi per la produzione di energia elettrica. Per quanto riguarda le raffinerie, i consumi di combustibili liquidi hanno raggiunto un plateau nel 2010 e sono ora in diminuzione che si prevede continui, così come la produzione di coke legata all'industria siderurgica (1.A.1.c).

3.3.2 Industria manifatturiera

Le emissioni dell'Industria manifatturiera costituiscono, in media, circa il 18% del settore Energia. Il settore ha raggiunto il picco di emissioni nell'anno 1999, per poi cominciare a diminuire gradualmente sino al 2008. Conseguentemente alla crisi economica del 2008, il settore ha diminuito significativamente le proprie emissioni. Nel 2022, le emissioni della categoria sono poco meno della metà rispetto al picco emissivo del 1999.

Il settore si suddivide in diverse categorie, tra le quali le più rilevanti sono le categorie dei minerali (prevalentemente produzione di cemento e calce), della chimica, altro (prevalentemente edilizia e meccanica) e i processi di produzione dei metalli così come descritti in figura 3.9.

Figura 3.9 - Emissioni di gas serra CO₂ eq. del settore industrie manifatturiere ed edilizia e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2022)

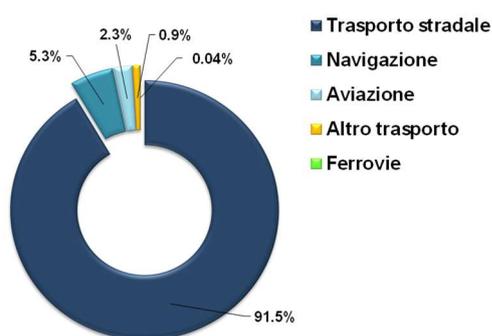


Si osserva una tendenza generale di riduzione delle emissioni dal 1990 al 2022; alcuni sottosettori hanno subito una forte riduzione (ferro e acciaio, minerali) guidando l'andamento dell'intero settore, anche se altri sottosettori (produzione alimentare, cellulosa e carta) hanno aumentato le proprie emissioni. Nel 2009 si è verificata una riduzione complessiva delle emissioni per tutti i settori a causa degli effetti della recessione economica. La tendenza all'aumento delle emissioni di CH₄ negli ultimi anni soprattutto per l'industria alimentare è guidata dall'aumento della biomassa utilizzata come combustibile.

3.3.3 Trasporti

Le emissioni dai trasporti in Italia dal 1990 al 2022 aumentano del 7.4%; nonostante alcuni progressi conseguiti negli anni più recenti, risultano ad oggi ancora caratterizzati da criticità in termini di intermodalità, sostenibilità, efficienza, carenze infrastrutturali, sicurezza, aspetti socioculturali. Nel 2022, il 26.6% delle emissioni di gas ad effetto serra totali è dovuto ai trasporti, di cui la modalità stradale è la principale componente (circa il 91.5%), come mostrato in figura 3.10.

Figura 3.10 - Le emissioni dai trasporti in Italia nel 2022



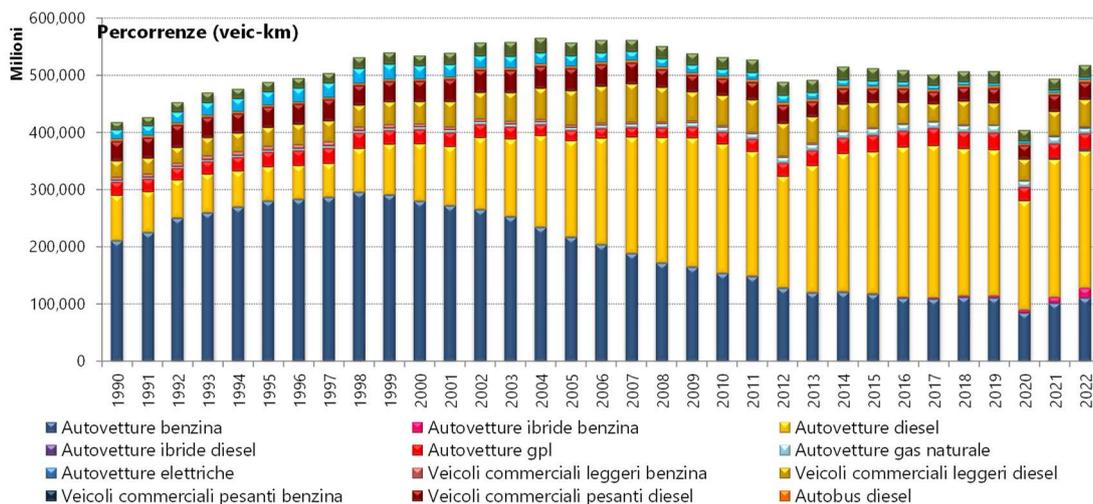
Coerentemente con la classificazione IPCC, in "Ferrovie" sono considerate le tratte non elettrificate e in "Altro trasporto" le pipelines per il trasporto gas

L'impatto emissivo è legato alla composizione del parco veicolare stradale italiano, che oltre ad aver registrato negli anni una notevole espansione, è tuttora caratterizzato da veicoli ad alimentazione tradizionale, fundamentalmente benzina e gasolio.

Con riferimento al parco autovetture circolante, si assiste negli anni, infatti, ad un progressivo aumento dell'utilizzo del numero di mezzi alimentati a gasolio, congiuntamente alla riduzione delle percorrenze e dei consumi delle autovetture a benzina. Nel 2022 si stima per le autovetture che circa l'85.8% delle

percordanze totali sia effettuato da veicoli ad alimentazione tradizionale (27.2% benzina e 58.7% gasolio), il 6.9% da quelli ad alimentazione gpl, il 2.2% da autovetture alimentate a gas naturale, il 4.0% delle percordanze da autovetture ad alimentazione ibrida benzina-elettrico e lo 0.8% da alimentazione ibrida gasolio-elettrico, infine lo 0.3% da autovetture elettriche²⁰ (figura 3.11). Nel 1990 il peso delle percordanze dei veicoli commerciali diesel sul totale veicoli merci è pari al 91.4%, nel 2022 è pari al 98.3%. Riguardo al trasporto passeggeri, si stima che il peso delle percordanze relativo all'alimentazione a gasolio sia pari a 23.8% e 55.6% rispettivamente nel 1990 e 2022. Infine, si assiste negli anni ad una decisiva espansione della flotta dei motocicli, nel 2022 il parco dei veicoli a due ruote (ciclomotori e motocicli) consiste di circa dieci milioni di veicoli circolanti.

Figura 3.11 - Evoluzione delle percordanze su strada in Italia dal 1990 al 2022²¹



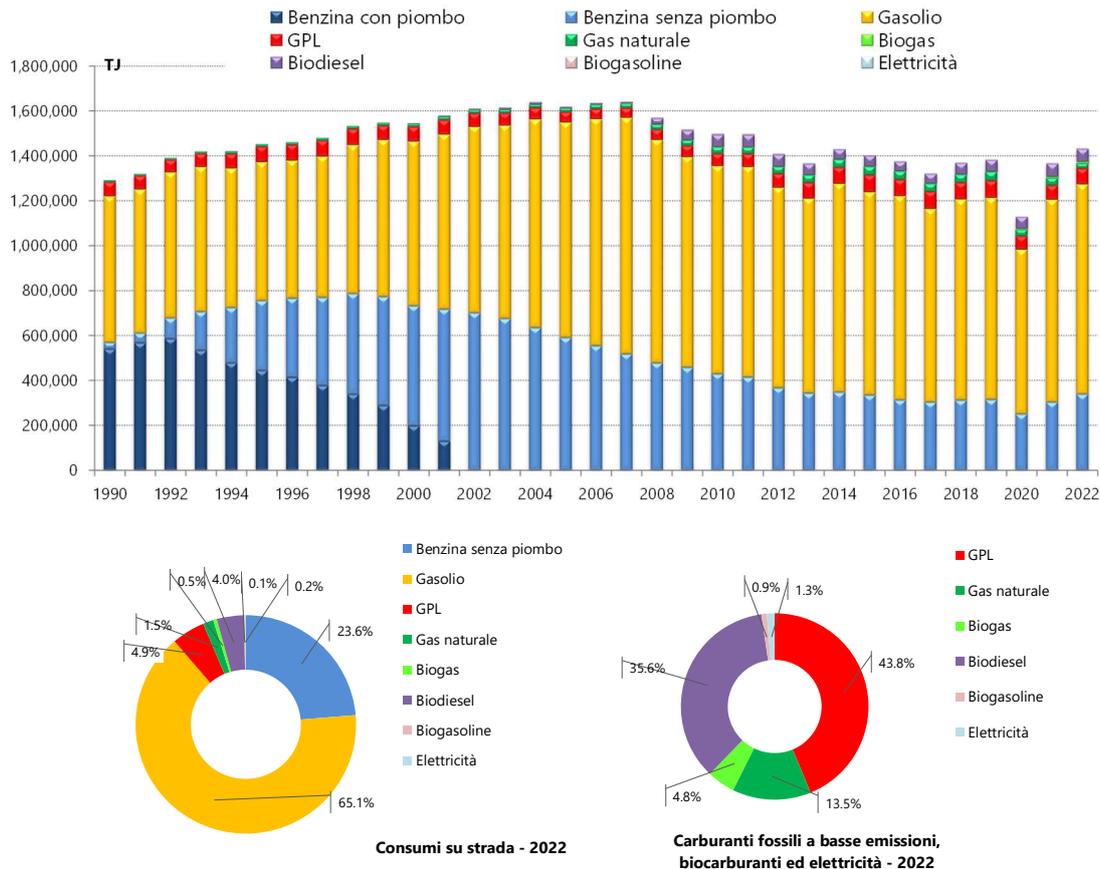
Le alimentazioni tradizionali risultano ancora preponderanti²² nel trasporto su strada; si registra sia una decrescita del consumo di benzina ed aumento del consumo di gasolio, che una crescita relativa del consumo da alimentazioni alternative (figura 3.12).

²⁰ Stime aggiornate al 2022 tramite il modello COPERT (EMISIA SA, 2024), sulla base dei dati sul parco circolante di fonte Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2023.

²¹ la classificazione veicolare fa riferimento al modello COPERT (EMISIA SA, 2024), sulla base dei dati sul parco circolante relativi alla serie storica 1990 - 2022, di fonte ACI, ANCM, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

²² Stime di consumo alla base dell'Inventario nazionale ISPRA delle emissioni in atmosfera, elaborate a partire dai dati derivanti da Eurostat e dal Bilancio Energetico Nazionale di fonte Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, Ministero delle imprese e del made in Italy, anni vari.

Figura 3.12 - Evoluzione dei consumi su strada in Italia dal 1990 al 2022

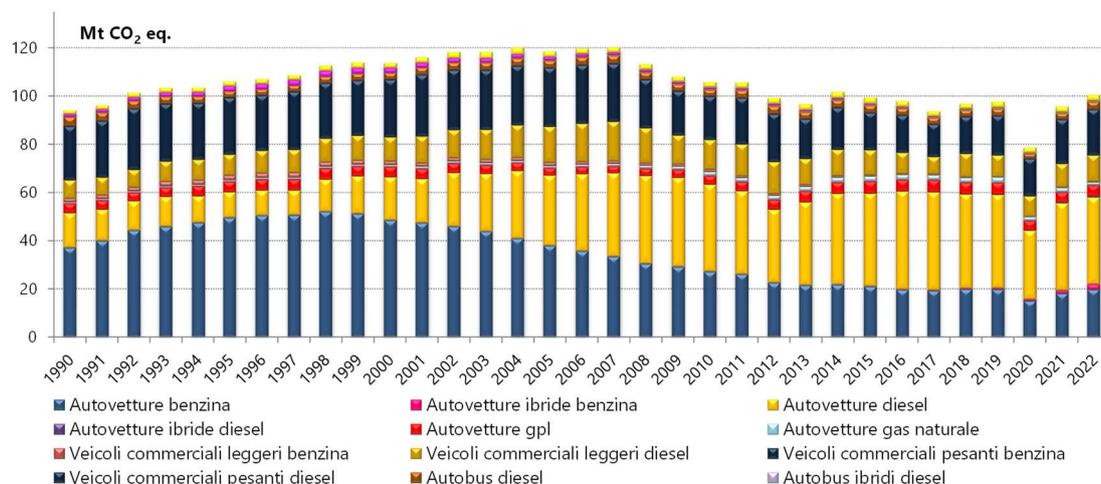


Dal 1990 al 2022, le emissioni di gas serra dal trasporto su strada aumentano del 6.8%, per molteplici fattori:

- una notevole crescita delle emissioni (+27.7%), dal 1990 al 2007, dovuta all'espansione della flotta veicolare, delle percorrenze e, quindi, dei consumi;
- una decrescita delle emissioni (-18.7%), dal 2007 al 2019 (nonostante alcune inversioni di tendenza registrate per gli anni 2014, 2018 e 2019), a causa sia della riduzione dei consumi e della mobilità dovuta alla crisi economica nel primo periodo, che alla penetrazione nel mercato, negli anni più recenti, di nuovi veicoli più efficienti dal punto di vista energetico;
- una decrescita delle emissioni (-19.4%), dal 2019 al 2020, dovuta alla brusca riduzione degli spostamenti per effetto della crisi pandemica;
- una ricrescita della mobilità e delle emissioni, dovuta alla graduale ripresa dalla pandemia, pari al 21.6% dal 2020 al 2021 e al 5.1% nell'ultimo anno di studio.

Le emissioni consistono fondamentalmente di anidride carbonica (99.0% nel 2022), gas il cui andamento è determinato dai consumi di combustibile; mentre le emissioni di metano e protossido di azoto, legate alle tecnologie veicolari, assumono pesi rispettivamente pari a 0.2% e 0.8% del totale dei gas serra emessi da trasporto stradale nel 2022.

Figura 3.13 - Emissioni di gas serra dal trasporto su strada in Italia dal 1990 al 2022 distinte per categoria veicolare e combustibile

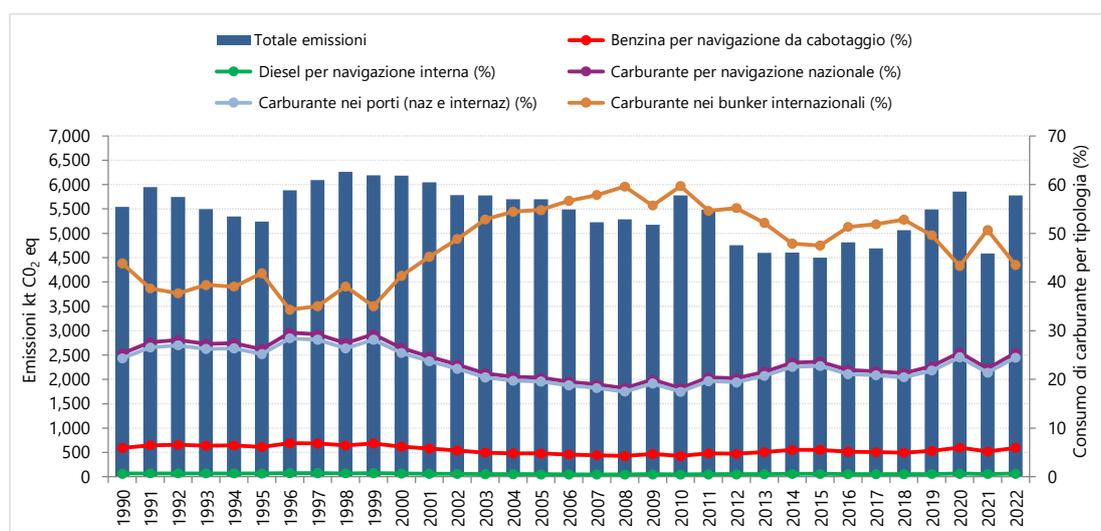


Dal 2007 in poi, la riduzione delle emissioni è più marcata per i veicoli merci che per i veicoli passeggeri; nel 2020 è quest'ultima categoria a risentire maggiormente della crisi pandemica, nel 2022 il peso delle emissioni dei veicoli passeggeri e merci sul totale è rispettivamente pari a 69.7% e 30.3%.

Nel 2022 la categoria che, nel complesso, pesa maggiormente sul totale dei gas serra emessi su strada, è quella dei veicoli diesel (68.9%), tra i quali il peso determinante, pari al 35.8% del totale nazionale, è assunto dalle autovetture diesel (figura 3.13). I veicoli alimentati a benzina emettono nel 2022 il 22.5% dei gas serra totali (dalle autovetture a benzina deriva il 19.6% del totale emesso su strada). Infine, dai veicoli alimentati a gpl, gas naturale, ibridi benzina ed ibridi diesel si origina rispettivamente il 4.7%, 1.3%, 2.2% e lo 0.4% del totale emesso su strada.

Le emissioni relative alla navigazione marittima, responsabile del 5.3% del totale dei gas serra emessi dal settore dei trasporti nell'anno 2022 e circa l'1.4% del totale nazionale, sono aumentate del 4.2% dal 1990 al 2022. Le emissioni aumentano dal 1990, inverte l'andamento negli anni recenti fino a diventare stabile tra il 2015 e il 2017, con un andamento crescente tra il 2018 e il 2020. Il 2021 è in netta riduzione rispetto l'anno precedente e rappresenta il minimo della serie (figura 3.14). L'anno 2022 è in linea con l'anno 2020.

Figura 3.14 - Emissioni di gas serra e consumi di carburanti della navigazione

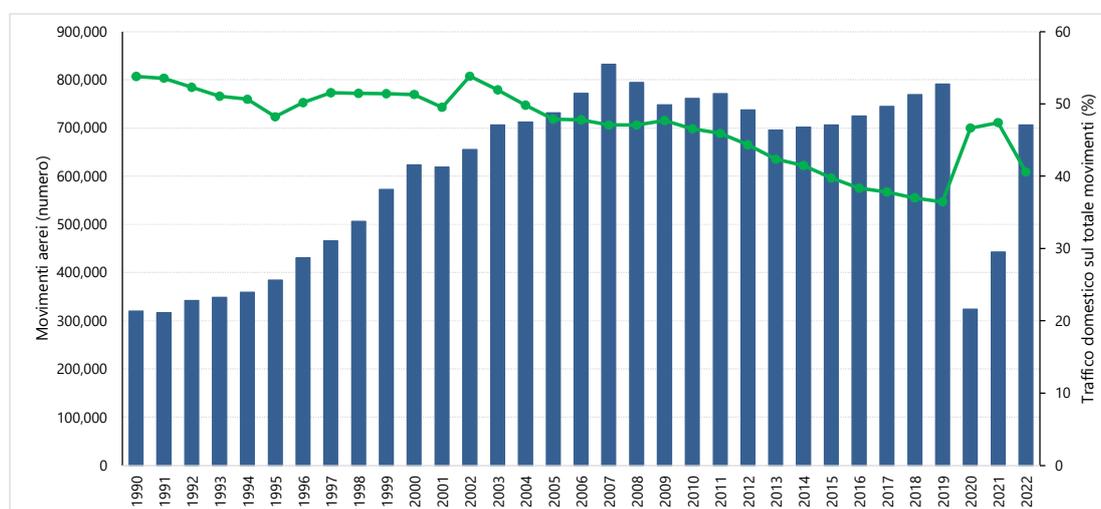


La metodologia IPCC richiede la stima delle emissioni per l'aviazione internazionale e nazionale, includendo le stime sia per la fase di crociera che le fasi di decollo e atterraggio. Le emissioni dal traffico internazionale sono incluse come annotazioni, ma non sono incluse nei totali nazionali.

L'aviazione civile contribuisce prevalentemente nelle emissioni di CO₂; il contributo delle emissioni di CH₄ e N₂O è trascurabile. Nel 2022 le emissioni totali di gas serra da questo settore sono state circa il 2.3% del totale delle emissioni dal settore dei trasporti e circa lo 0.6% del totale dei gas serra nazionali.

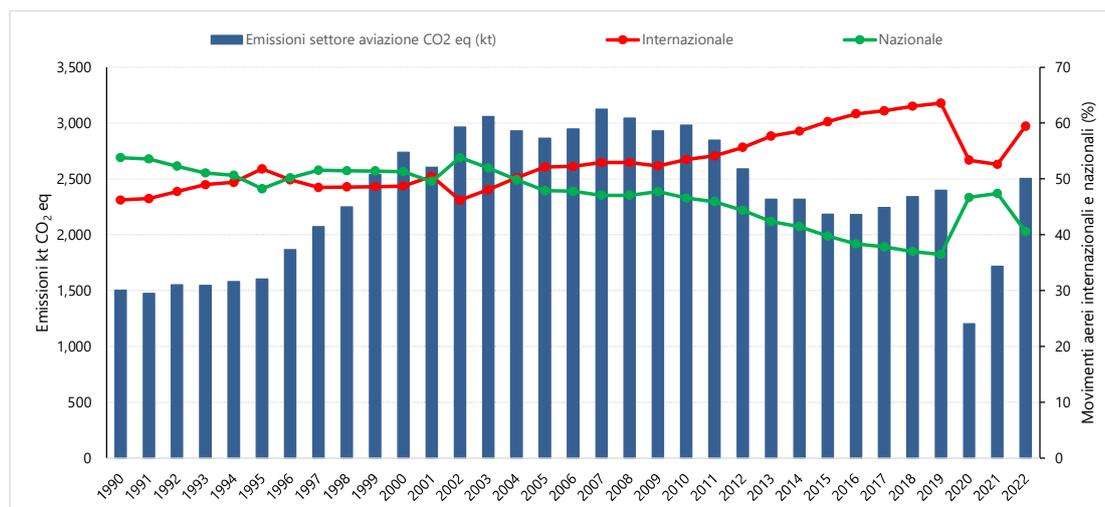
Dal 1990 al 2019, le emissioni di gas serra dal settore dell'aviazione sono aumentate del 59.3%, per l'espansione di questa modalità di trasporto. Considerando la brusca diminuzione dei movimenti negli anni 2020-2021, dovuta alla pandemia, il settore è diminuito nel 2020 del 20% rispetto al 1990. L'effetto della pandemia è notevole in entrambi gli anni e lo si nota osservando la quota del traffico domestico, che raggiunge il 46% del totale dei movimenti nel 2021, il massimo della serie: negli anni precedenti la pandemia, il traffico domestico era rappresentativo di poco più di un terzo dei movimenti totali, in calo tendenziale. L'anno 2022 registra un netto recupero del numero di movimenti aerei, avvicinandosi ai valori pre-pandemia; la quota di voli nazionali diminuisce rispetto al biennio 2020-2021 ed è pari al 40% (figura 3.15).

Figura 3.15 – Numero di movimenti aerei annuali e quota percentuale del traffico domestico



Dal 2010 al 2019 si osserva una diminuzione pari al 19.6% delle emissioni di gas serra, dovuta sia alla riduzione dei voli nazionali che ad un aumento dell'efficienze energetica dei velivoli di recente costruzione. Concentrandosi sul periodo 2010-2020, dopo il minimo delle emissioni raggiunto negli anni 2015-2016, c'è un nuovo aumento nel corso degli anni 2017-2019 (figura 3.16). L'anno 2022 si allinea agli anni pre-pandemia, registrando un aumento del 66% delle emissioni del settore aviazione, rispetto l'anno 1990 e del 108% rispetto al 2020.

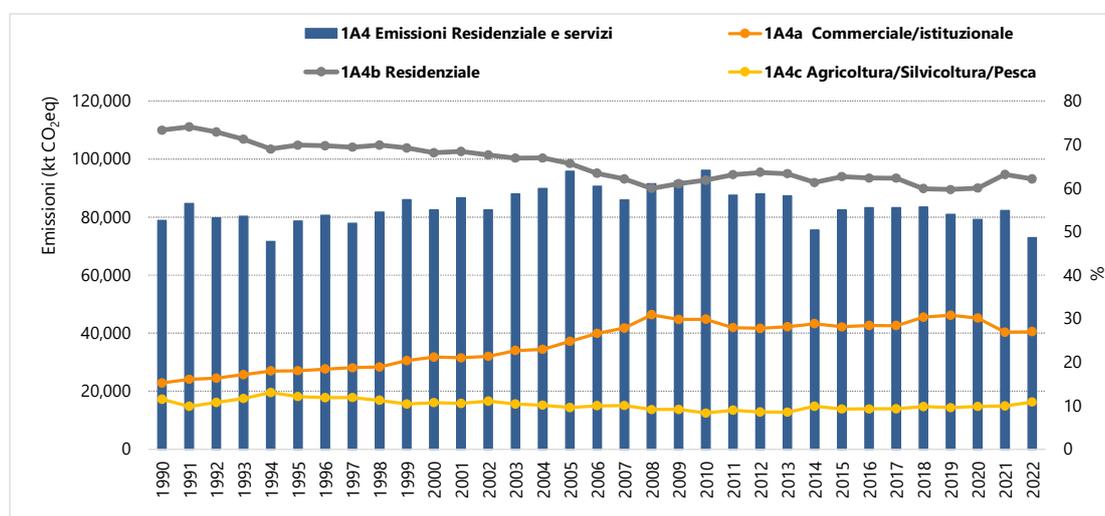
Figura 3.16 - Emissioni di gas serra e ripartizione del traffico aereo



3.3.4 Residenziale e altri settori

Tale categoria comprende le emissioni connesse all'utilizzo di energia nel settore civile, ovvero le emissioni dagli edifici utilizzati a scopo residenziale e da altri settori. Le emissioni della categoria costituiscono, in media, il 20% delle emissioni del settore Energia, considerando l'intero periodo 1990-2022. Dal 2009-2010 tale contributo è salito fino al 25% circa; nel 2022 il contributo emissivo di tale categoria è sceso al 22% circa, a causa delle condizioni congiunturali (temperature e costi del gas elevati). In figura 3.17 sono riportate le emissioni delle categorie e la ripartizione percentuale tra le sottocategorie.

Figura 3.17 - Emissioni di gas serra CO₂ eq (kt) del settore residenziale e servizi e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2022)



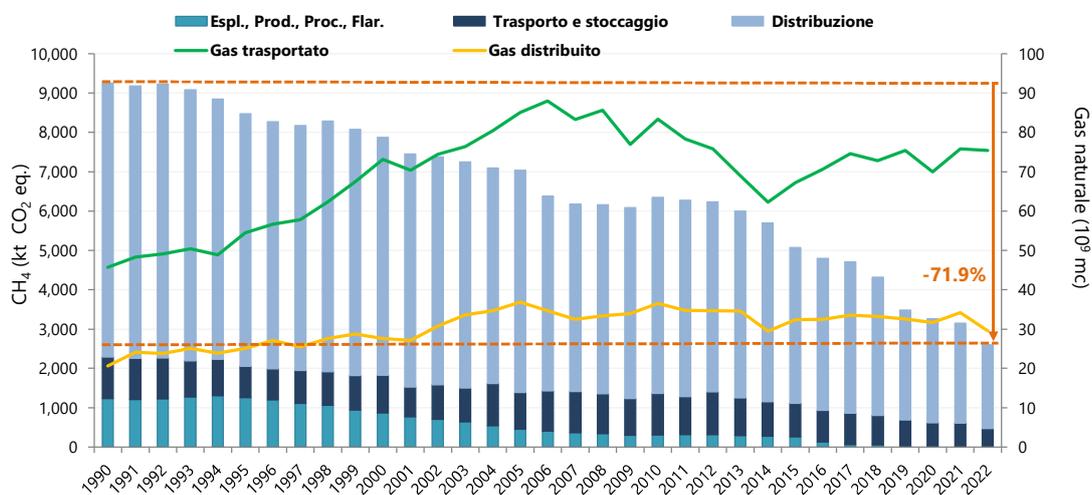
A livello assoluto, si nota una tendenziale complessiva stabilità del settore, che ha registrato il picco di emissioni nel 2005, di poco superiore all'anno 2010. Negli ultimi anni le emissioni assolute risultano stabili, con una lieve diminuzione nel 2020. Nel 2022 si nota una decisa diminuzione, causata, da motivi congiunturali legati alle temperature e ai costi del gas. A livello percentuale, il contributo del residenziale è maggioritario, essendo sopra il 60% in tutto il periodo (62% nel 2022). Segue il settore Commerciale/Istituzionale, cresciuto in maniera significativa negli anni, fino a costituire circa il 30% delle

emissioni del settore (27% nel 2022). Infine, le attività collegate ai settori agricoltura/silvicoltura/pesca costituiscono circa il 10% delle emissioni, con modeste variazioni nel tempo (11% nel 2022).

3.3.5 Fuggitive

Trasporto, stoccaggio e distribuzione del gas naturale costituiscono le sorgenti principali di emissioni fuggitive con la distribuzione nel ruolo dominante. Le emissioni fuggitive di gas serra costituiscono l'1.2% delle emissioni nazionali nel 2022 e sono rappresentate per il 64% da metano. Il metano ha un impatto climalterante 85 volte quello della CO₂ su un arco di 20 anni. Il rapido decadimento del metano e il suo elevato impatto sulla temperatura atmosferica lo rendono un obiettivo primario per intervenire in maniera tempestiva ed efficace sui cambiamenti climatici. Per questo motivo è utile concentrare l'attenzione sulle principali sorgenti emissive di metano che per le emissioni fuggitive sono rappresentate dalla filiera del gas naturale. Le emissioni di metano da questa filiera rappresentano nel 2022 il 5.7% delle emissioni nazionali di metano e l'80.1% delle emissioni fuggitive, che complessivamente registrano una riduzione del 64.4% dal 1990, soprattutto in seguito ai numerosi interventi di miglioramento della rete di trasporto e distribuzione. In particolare, fin dagli anni '90 si registra la sostituzione del materiale della rete di distribuzione caratterizzato da elevati fattori di emissione (ghisa grigia con giunti in canapa e piombo) con materiali caratterizzati da minori fughe. Inoltre, è sempre più estesa la rete in acciaio con protezione catodica efficace per la prevenzione della corrosione delle condotte. Tali interventi hanno determinato la riduzione delle emissioni di metano del 71.9% per la filiera del gas naturale dal 1990 al 2022 a fronte di un incremento del gas trasportato e distribuito del 53% nello stesso periodo. Il gas naturale distribuito soddisfa la domanda delle utenze del settore civile e della piccola industria, mentre le grandi utenze industriali sono direttamente servite dalla rete di trasporto.

Figura 3.18 - Emissioni di CH₄ (kt CO₂ eq.) nelle sorgenti della filiera del gas naturale, gas naturale immesso in rete (trasporto) e distribuito



Le principali sorgenti, trasporto-stoccaggio e distribuzione, registrano riduzioni delle emissioni dal 1990 al 2022 rispettivamente del 56.6% e 69.4%. Nella sorgente trasporto-stoccaggio sono considerate le perdite per trasporto, stoccaggio e rigassificazione del gas naturale liquefatto. I fattori di emissione per unità di gas movimentato mostrano una continua diminuzione (-79.6% dal 1990 al 2022), espressione del miglioramento delle prestazioni della rete di trasporto e di distribuzione. Il fattore di emissione nella sorgente trasporto-stoccaggio è circa un ordine di grandezza inferiore rispetto al fattore di emissione nella distribuzione, e dimostra che l'assetto della rete per la soddisfazione della domanda di gas naturale è un fattore di cruciale importanza per la riduzione delle emissioni fuggitive nella filiera del gas naturale. Inoltre, la rilevanza delle emissioni dalla distribuzione, 81.9% delle emissioni di metano dalla filiera del

gas naturale, fa di questa sorgente il principale obiettivo per futuri interventi di riduzione delle emissioni fuggitive.

3.4 Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU)

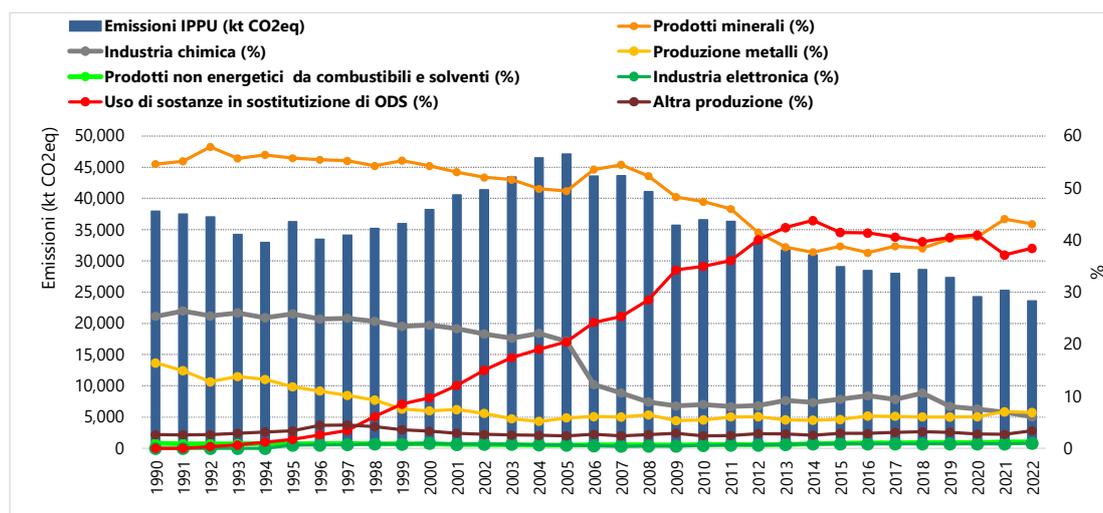
Le emissioni complessive del settore dei processi industriali, nel 2022 sono scese del 37.8% rispetto al 1990. L'andamento è determinato prevalentemente dalla forte riduzione delle emissioni di protossido di azoto, N₂O, nell'industria chimica, grazie all'adozione di tecnologie di abbattimento delle emissioni nella produzione dell'acido nitrico e acido adipico ma anche dalla riduzione delle principali produzioni nell'industria dei prodotti minerali e dei metalli. Tutte le principali categorie sorgenti di questo macrosettore hanno emissioni in calo nel periodo osservato, ad eccezione delle applicazioni dei gas fluorurati ad effetto serra che mostrano, in controtendenza, un andamento crescente guidato dalla domanda di F-gas nei settori della refrigerazione e del condizionamento (tabella 3.4 e figura 3.19).

Tabella 3.4 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore IPPU (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Prodotti minerali	20.7	20.2	20.7	23.3	17.3	11.3	11.0	9.9	11.1	10.2
Industria chimica	9.6	9.4	9.0	9.7	3.1	2.7	2.2	1.8	1.8	1.4
Produzione metalli	6.2	4.3	2.8	2.8	2.0	1.6	1.6	1.5	1.8	1.6
Prodotti non energetici da combustibili e solventi	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Industria elettronica	0.0	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Uso di sostanze in sostituzione di ODS	0.0	0.6	3.7	9.6	12.8	12.1	11.1	10.0	9.4	9.1
Altra produzione	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8
Totale settore IPPU	37.9	36.3	38.2	47.1	36.6	29.1	27.3	24.3	25.3	23.6

* Ozone Depleting Substances (sostanze lesive dello strato di ozono stratosferico)

Figura 3.19 - Emissioni di gas serra del settore IPPU e ripartizione nelle sottocategorie



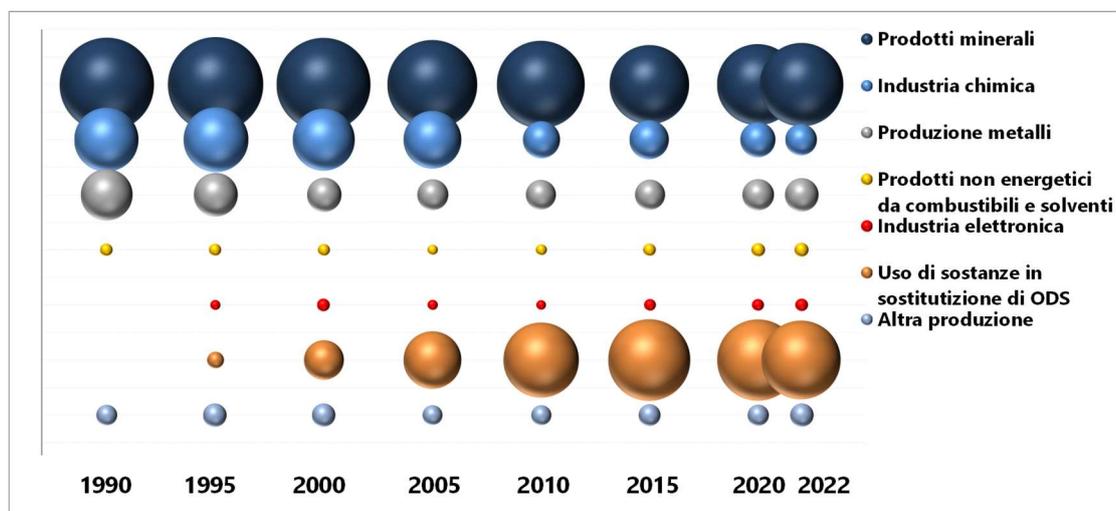
Un contributo alla riduzione di emissioni di gas serra dall'industria chimica è dato anche dalla sensibile diminuzione delle emissioni di gas fluorati dal 1990 al 2022 dal loro stesso processo produttivo a causa della cessazione della produzione o per l'introduzione di importanti sistemi di abbattimento delle emissioni (tabella 3.4). Ad esempio, dal 2007 è cessata la produzione a Porto Marghera di sostanze

fluorurate che davano origine a emissioni fuggitive o di sottoprodotto, e nell'impianto di Spinetta Marengo, che continua a produrre fluoropolimeri, sono stati fatti importanti investimenti sulla termossidazione dei reflui gassosi di processo, portando così ad una sensibile riduzione delle emissioni di gas fluorurati.

Anche nella produzione di metalli c'è stata una riduzione delle emissioni di gas serra (tabella 3.4) alla quale ha contribuito anche la produzione di alluminio primario: le emissioni di PFC da questa sorgente si sono ridotte negli anni grazie alla dismissione di vecchi impianti, sostituiti da impianti di nuova generazione. Dal 2013 la chiusura dell'impianto Alcoa di Portovesme ha comportato l'azzeramento della produzione e delle emissioni di CF₄ e C₂F₆.

Nella figura 3.20 il grafico a bolle rappresenta la variazione nel tempo del peso percentuale di ciascuna delle categorie emissive del settore IPPU e rende più facilmente apprezzabile il peso relativo delle diverse categorie per ciascuno degli anni considerati oltre che nel periodo osservato.

Figura 3.20 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore IPPU



L'unica categoria del settore IPPU che registra un incremento delle emissioni di gas serra nel periodo 1990-2022 è quella relativa all'uso di sostanze in sostituzione di ODS²³ (da 0.6 Mt CO₂eq. nel 1995 a 9.1 Mt CO₂eq. nel 2022) nei settori della refrigerazione, del condizionamento, dell'antincendio, degli aerosol e delle schiume (tabella 3.4). Le emissioni complessive da questi settori in realtà hanno raggiunto il picco nel 2014 con 13.6 Mt CO₂eq, per poi decrescere progressivamente fino al 2022 (pur rimanendo a livelli molto più alti del 1990) in virtù dell'implementazione dei diversi Regolamenti sugli F-gas che si sono succeduti negli anni e che hanno determinato la progressiva riduzione e/o la sostituzione dei gas a maggior potere climalterante con sostanze a minor o nullo effetto serra. Infatti, fino a circa la metà degli anni '90, questi settori impiegavano i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC), sostanze lesive per lo strato dell'ozono oltreché sostanze climalteranti. Con l'entrata in vigore nel 1989 del Protocollo di Montreal volto a contrastare la riduzione dello strato di ozono, è stata imposta la progressiva riduzione fino al totale abbandono della produzione e dell'uso dei CFC e degli HCFC. Queste sostanze sono state progressivamente sostituite dagli idrofluorocarburi (HFC) che, pur non essendo lesivi per lo strato di ozono, possiedono un elevato potenziale di riscaldamento globale (GWP). L'aumento della produzione e del consumo degli HFC ha determinato contestualmente l'incremento delle emissioni di questi gas. Per evitare che le sostanze ODS continuassero ad essere sostituite da sostanze con elevato potere climalterante, l'Emendamento di Kigali al Protocollo di Montreal, approvato nel 2017, ha comportato l'adozione di provvedimenti che impongono la progressiva riduzione di produzione e

²³ ODS: *ozone depleting substances* (sostanze lesive dello strato di ozono). Si tratta di gas fluorurati (F-gas) che appartengono a diverse categorie: idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF₆) e trifluoruro di azoto (NF₃).

consumo degli HFC. L'Unione Europea, quindi anche l'Italia, è risultata sin da subito in linea con gli obiettivi di Kigali, avendo adottato già negli anni precedenti una severa politica di riduzione degli HFC, prima con il [regolamento CE 842/2006](#)²⁴, quindi con il più recente [regolamento \(UE\) 517/2014](#) (regolamento F-gas). Quest'ultimo, tra le significative misure che veicola, ha imposto il *phase-down* della quantità di HFC in tonnellate di CO₂ equivalente, immessa in commercio a partire dal 2015 per arrivare ad una riduzione del 79% al 2030.

I divieti di immissione in commercio di determinate apparecchiature contenenti HFC con GWP superiori a determinate soglie, hanno principalmente come effetto la penetrazione nel mercato, nel lungo periodo, di refrigeranti a bassissimo o nullo effetto serra (refrigeranti naturali, come idrocarburi e CO₂) o refrigeranti sintetici come le idrofluoroolefine (HFO). Il processo di sostituzione degli HFC con questi gas alternativi ha coinvolto tutti i settori, seppur con tempi e modalità differenti legati alle peculiarità di ciascuno di essi e alle differenti criticità in termini di sicurezza che il passaggio all'uso di sostanze alternative pone.

L'11 marzo 2024 è entrato in vigore il nuovo Regolamento sugli F-gas, il [regolamento \(UE\) 573/2024](#) che abroga il precedente regolamento (UE) 517/2014 e segna un'ulteriore spinta in avanti nella lotta alle emissioni dei gas fluorurati, adottando obblighi di riduzione molto più stringenti del precedente con l'eliminazione del consumo degli F-gas al 2050. Tra le novità previste dal citato Regolamento vi sono nuovi limiti di immissione in commercio per apparecchiature contenenti HFC con GWP pari o superiori a valori specifici, norme più stringenti per la gestione, l'uso, il recupero e la distruzione dei gas fluorurati a effetto serra, nuovi e più severi requisiti in materia di certificazione delle persone e delle imprese che svolgono attività di installazione, manutenzione e riparazione delle apparecchiature contenenti HFC, e norme in materia di comunicazione e raccolta dati sulle emissioni. A differenza del precedente, il nuovo Regolamento inoltre prevede che gli aerosol medicali vengano conteggiati all'intero del sistema delle quote degli HFC.

Per quanto riguarda in dettaglio le emissioni dei componenti della categoria "*uso di sostanze in sostituzione di ODS*", è opportuno sottolineare che quest'anno le stime sono state sottoposte a un processo di revisione che ha determinato un aggiornamento della serie storica delle emissioni rispetto allo scorso anno (ISPRA, 2023). Questo processo di revisione, reso possibile grazie alla collaborazione con gli esperti del settore e le principali associazioni di categoria che hanno fornito nuovi dati e informazioni, ha riguardato in particolare la categoria del *mobile air conditioning* (MAC), anche se modifiche sono state apportate a tutti gli elementi della categoria.

Nello specifico e con riferimento ai trend delle categorie sopra menzionate è possibile notare che:

- le emissioni dal settore della refrigerazione stazionaria (commerciale, industriale e domestica) passano da 0.13 Mt CO₂eq. nel 1995, a 6.9 nel 2014 per poi diminuire progressivamente fino a 3.2 Mt CO₂eq nel 2022. Il settore nel 2022 rappresenta il 34.9% delle emissioni complessive della categoria (*uso di sostanze in sostituzione di ODS*).
- le emissioni dal settore dei trasporti refrigerati aumentano progressivamente dalla metà degli anni 90 al 2007 quando raggiungono il valore massimo di 0.96 Mt CO₂eq; dal 2007 iniziano a diminuire e nel 2022 sono pari a 0.2 Mt CO₂eq.
- le emissioni dal settore del condizionamento passano dal valore nullo nel 1995 a 2.6 Mt CO₂eq. nel 2022, con un contributo del 29.0% alle emissioni complessive della categoria.
- le emissioni dal settore antincendio passano da 0.02 Mt CO₂eq. nel 1995 a 1.6 Mt CO₂eq. nel 2022 rappresentando il 18.1% delle emissioni complessive della categoria ODS.

²⁴ Il Regolamento CE 842/2006 è il primo provvedimento comunitario finalizzato a contenere, prevenire e ridurre le emissioni di gas fluorurati ad effetto serra

-
- le emissioni dal settore del *mobile air conditioning* (MAC), nulle nel 1990, aumentano costantemente fino al 2009, con un massimo di 2.1 Mt CO₂eq, per poi decrescere progressivamente fino al 2022 quando sono pari a 0.8 Mt CO₂ eq.
 - le emissioni dal settore delle schiume sono nulle nel 1995 e pari a 0.4 Mt CO₂eq nel 2022, registrando comunque un calo a partire dal 2014, anno in cui si registra il valore massimo di 0.5 Mt CO₂eq.
 - le emissioni dal settore degli aerosol nel 2022 sono pari a 0.15 Mt CO₂eq.

L'incremento delle emissioni degli HFC ad alto GWP per tutti i settori che li usano, è continuato anche quando i consumi dei gas hanno iniziato a registrare una diminuzione in virtù delle misure di contenimento adottate con l'implementazione dei Regolamenti sugli F-gas. Questo dipende dal fatto che le emissioni per ciascun anno sono legate alla quantità di refrigerante cumulata nell'anno considerato e non ai consumi di quell'anno. La quantità cumulata considera lo *stock* di refrigerante presente in quel determinato anno nel mercato, cioè, tiene conto non solo del refrigerante contenuto nelle apparecchiature immesse nel mercato nell'anno e di quello usato per i rabbocchi conseguenti le perdite di gas nell'anno considerato, ma anche del refrigerante contenuto nel resto del parco macchine (che non ha subito interventi nell'anno). La riduzione delle emissioni non segue quindi la riduzione dei consumi annuali, ma è ritardata rispetto a quest'ultima.

3.5 Il settore Agricoltura

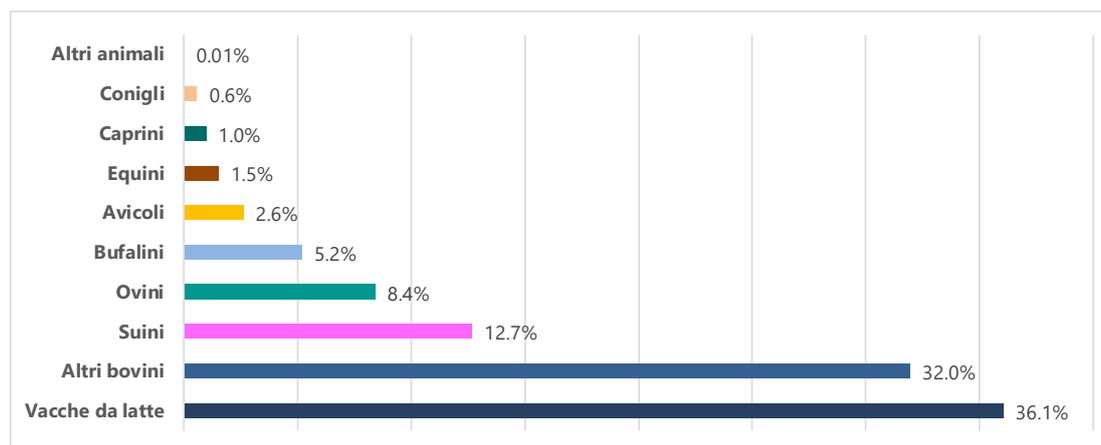
Il settore agricoltura che contribuisce a circa il 7.4% delle emissioni totali nel 2022 registra un calo delle emissioni di gas serra pari a -18.9% dal 1990 (tabella 3.5), principalmente a causa della riduzione del numero dei capi, delle superfici e produzioni agricole, della riduzione dell'uso dei fertilizzanti sintetici e dei cambiamenti nei metodi di gestione delle deiezioni. La forte riduzione delle emissioni di N₂O e CO₂ nel 2022 è dovuta in particolare alla riduzione del dato sui fertilizzanti sintetici elaborato dall'ISTAT. I dati si riferiscono alle quantità vendute nel Paese, che si ipotizza siano distribuite sui suoli agricoli. Secondo Assofertilizzanti- Federchimica²⁵, i dati del 2022 sono inferiori alla media annuale (per azoto, fosforo e potassio) perché seguono un biennio in cui le quantità acquistate sono aumentate e si riferiscono a un anno in cui gli alti prezzi di mercato hanno spinto gli operatori a ritardare gli acquisti in previsione di un calo dei prezzi, evento che si è effettivamente verificato nel 2023.

Tabella 3.5 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Agricoltura (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Fermentazione enterica	17.1	16.7	16.5	14.5	14.1	14.3	14.6	14.8	14.7	14.5
Gestione delle deiezioni	7.9	7.6	7.5	7.4	7.2	6.9	6.7	6.7	6.6	6.5
Coltivazione di riso	2.1	2.2	1.9	2.1	2.3	1.9	1.7	1.7	1.7	1.5
Suoli agricoli	10.3	11.2	11.0	10.5	8.7	8.9	8.9	9.9	9.5	8.0
Combustione dei residui agricoli, emissioni di CO ₂ da applicazione di urea e carbonati	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.2
Totale settore Agricoltura	38.0	38.3	37.4	35.0	32.6	32.5	32.3	33.5	32.9	30.8

La gestione degli allevamenti rappresenta il peso maggiore in termini emissivi del settore agricoltura, contribuendo con circa il 79% di emissioni, generate dalla fermentazione enterica delle razioni nell'apparato digerente del bestiame, e, in particolare, dei ruminanti, dalla gestione delle deiezioni negli stoccaggi, dallo spandimento e dalla deposizione al pascolo dei reflui zootecnici. In figura 3.21 è rappresentato il contributo delle diverse categorie animali rispetto alle emissioni derivanti dagli allevamenti.

Figura 3.21 - Peso emissioni gas serra allevamenti (79% del settore agricoltura) - contributo per categoria animale



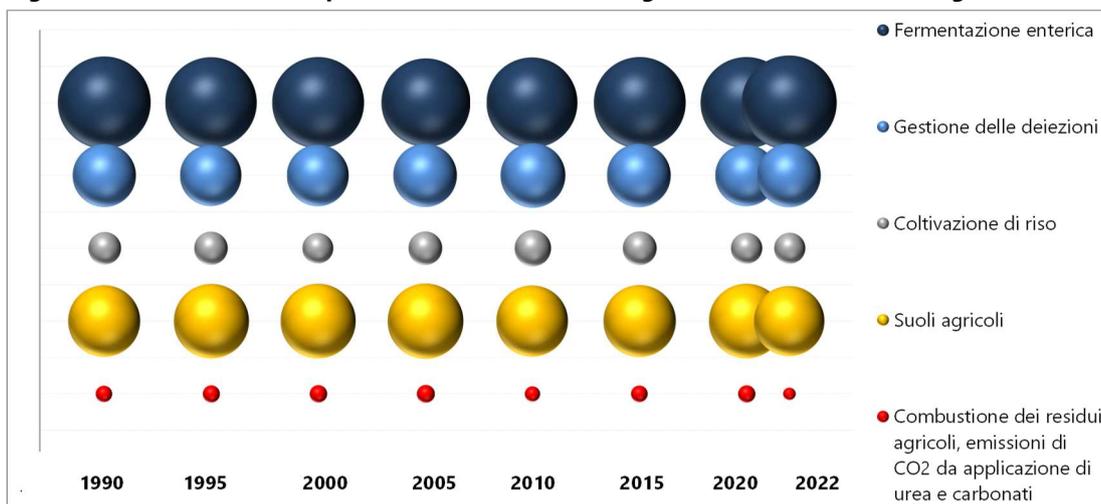
Uno dei principali driver di riduzione delle emissioni dovute agli allevamenti (scese del 16% rispetto al 1990) è la riduzione del numero dei capi e in particolare dei bovini: tra il 1990 e il 2022 le consistenze si sono ridotte del 27% (passando da 7.8 a 5.6 milioni di capi), in particolare le vacche da latte sono diminuite

²⁵ Federchimica è l'Associazione Nazionale dell'Industria Chimica e Assofertilizzanti rappresenta le imprese di produzione dell'industria dei fertilizzanti.

del 38% e gli altri bovini sono scesi del 22%. Considerando la categoria dei suini, che insieme ai bovini rappresenta circa l'80% delle emissioni di gas serra dovute agli allevamenti, i capi sono invece aumentati complessivamente rispetto al 1990 del 4% (determinato da un aumento delle scrofe del 6% e un aumento degli altri suini del 4%, considerando anche i suinetti minori di 20kg), per raggiungere 8.7 milioni di capi nel 2022. Rispetto al 2005 invece, il numero dei capi bovini si è ridotto del 10% e quello dei suini del 6%.

Nella figura seguente sono riportati i pesi delle categorie emmissive del settore, che non hanno subito rilevanti variazioni negli anni (figura 3.22).

Figura 3.22 - Variazione del peso contributivo delle categorie emmissive del settore agricoltura



Consideriamo ora le sorgenti emmissive più significative del settore agricoltura. Per quanto riguarda il metano derivante dalla fermentazione enterica (che rappresenta circa il 47% delle emissioni totali del settore agricoltura), le emissioni nel 2022 rispetto al 1990 si riducono del 15% (e sono invece costanti rispetto al 2005). Tale andamento è determinato per lo più dalle emissioni dei bovini (che rappresentano l'80% circa delle emissioni enteriche), che si sono ridotte rispetto al 1990 del 20%, così come le emissioni degli ovini (a fronte di una riduzione del numero di capi del 25%) e da un aumento delle emissioni dei bufalini (il cui numero di capi, nel periodo considerato, quadruplica). Le emissioni dei bovini sono determinate da una riduzione del numero di capi e da un aumento del fattore di emissione, che, in particolare per le vacche da latte (che contribuiscono per quasi il 45% alle emissioni enteriche), dipende dall'andamento della produzione di latte. Osservando la serie storica, la produzione unitaria (espressa come kg di latte prodotto annualmente per vacca) è aumentata notevolmente nel tempo, a fronte di un aumento della produzione annua di latte e di una riduzione del numero di capi. Altro elemento da considerare è la qualità e quantità delle razioni ingerite. In merito alla qualità, nelle stime delle emissioni si assume che negli anni la digeribilità della razione sia migliorata (e ciò comporta meno emissioni di metano) in funzione della diversa produttività delle vacche da latte, in linea con quanto riportato nelle linee guida IPCC del 2019 (IPCC, 2019). La percentuale di vacche con alta produttività, che producono più di 8500 kg di latte a capo all'anno, stimata sulla base delle statistiche dell'AIA²⁶, è passata dal 45% al 78% tra il 2004 e il 2022.

Nel 2022, la gestione delle deiezioni è responsabile del 21% delle emissioni totali del settore agricoltura, di cui poco più del 70% sono emissioni di metano (più del 90% delle emissioni sono determinate dagli allevamenti di bovini e suini) e poco meno del 30% di protossido di azoto (a cui contribuiscono per circa il 90% bovini, suini e avicoli). Dal 1990 al 2022, si è registrata una riduzione del 18% (e del 12% rispetto al 2005), determinata da una riduzione delle emissioni di metano del 12% e di quelle di protossido di azoto del 32%. Tale riduzione è dipesa dalla contrazione del numero di capi come anche dalla digestione anaerobica dei reflui zootecnici per la produzione di biogas, che si è diffusa in Italia a partire dal 2008 sulla spinta di un sistema incentivante per gli impianti non superiori ad 1 MW di potenza. Nel 2022,

²⁶ Associazione Italiana Allevatori <http://bollettino.aia.it/>

secondo i dati TERNA, sono 1850 gli impianti alimentati con matrici organiche, costituite anche da reflui zootecnici, per un ammontare stimato pari a circa 16 milioni di tonnellate di reflui zootecnici (che rappresentano il 16% della produzione totale annua di deiezioni di bovini, suini e avicoli). Tramite la digestione anaerobica si evita la dispersione in atmosfera del metano, prodotto dalla decomposizione dei reflui zootecnici durante lo stoccaggio, che invece viene recuperato per produrre energia, riducendo inoltre le emissioni di protossido di azoto, dovute ai processi di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto contenuto nei reflui zootecnici.

La diffusione di misure di riduzione delle perdite di azoto dei reflui zootecnici (sotto forma di NH_3) nelle stalle, negli stoccaggi e nella fase di spandimento ha contribuito anche alla riduzione delle emissioni indirette di N_2O derivanti dalla gestione delle deiezioni e dai suoli agricoli.

Nel 2022, il 26% delle emissioni del settore agricoltura è determinato dalle emissioni di N_2O dai suoli agricoli, generate dagli apporti azotati sui terreni agricoli. Tale percentuale è determinata dai seguenti contributi: l'applicazione dei fertilizzanti sintetici contribuisce per il 20%; lo spandimento dei reflui zootecnici per il 32%; il 26% deriva dall'apporto di azoto dei residui colturali interrati nei suoli agricoli; il 10% dal pascolo; il 10% da altri fertilizzanti organici; un restante 2% da altre fonti azotate ai suoli (suoli organici e applicazione sui suoli dei fanghi di depurazione delle acque reflue).

Le emissioni dovute all'applicazione dei fertilizzanti sintetici (che generalmente rappresenta la categoria più emissiva dei suoli agricoli, ma non nel 2022 come descritto precedentemente) si sono ridotte del 62% rispetto al 1990 e del 46% rispetto al 2021 (considerando solo le emissioni dirette di N_2O). Ciò è dovuto più ad una riduzione degli acquisti dei fertilizzanti sintetici da parte dei distributori di questi prodotti sul territorio nazionale (consorzi agrari e piccoli rivenditori, rilevati dai dati ISTAT), a causa dell'aumento dei prezzi, principalmente dovuto all'aumento del costo delle materie prime (gas naturale), che ad un'effettiva riduzione di utilizzo di questi prodotti sui suoli agricoli (con un probabile impiego delle scorte). Tale ipotesi è supportata dai dati sulla produzione agricola, che tra il 2022 e il 2021 è scesa complessivamente dell'8% (-11% se consideriamo solo i seminativi), e dall'impiego dei fertilizzanti organici, che è aumentato nel 2022 del 7% rispetto al 1990 e del 5% rispetto al 2021. Nel 2021 e 2022 c'è stata anche tuttavia una flessione della produzione nazionale di ammoniaca e urea dovuta all'aumento del costo delle materie prime (gas naturale), che ha portato il principale produttore nazionale a sospendere la produzione per un certo periodo dell'anno.

Per completare la descrizione delle sorgenti emissive del settore, un ulteriore 5% è determinato dalla coltivazione del riso e il restante 0.8% deriva dalle emissioni di CO_2 dovute all'applicazione di urea e carbonati ai suoli e dalla combustione dei residui agricoli.

Per approfondimenti sui dati e sulle metodologie utilizzate per la stima delle emissioni del settore agricoltura si rimanda al capitolo 5 del National Inventory Report (NIR) (ISPRA, 2024).

3.6 Il settore LULUCF

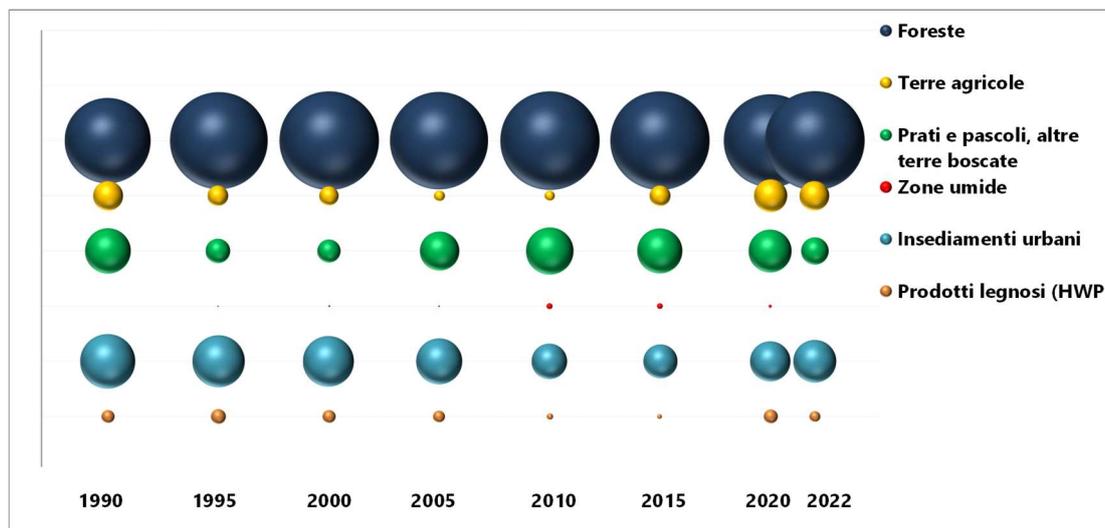
Il settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura) ha la capacità di generare degli assorbimenti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Nel 2022 il settore è responsabile di assorbimenti netti pari a 27.5 Mt CO₂ eq. (tabella 3.6), principalmente grazie alle foreste ed ai prati, pascoli ed altre terre boscate, come mostrato in figura 3.23.

Tabella 3.6 - Assorbimenti ed emissioni di gas serra delle categorie del settore LULUCF (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Foreste	-17.3	-31.0	-26.3	-34.9	-36.4	-40.3	-35.4	-29.8	-28.4	-26.1
Terre agricole	2.1	1.4	1.0	-0.4	0.4	1.7	0.7	3.7	2.2	2.3
Prati e pascoli, altre terre boscate	4.9	-1.9	-1.4	-5.6	-8.3	-8.3	-7.1	-6.3	-3.0	-2.0
Zone umide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	NO,NE	NO,NE
Insedimenti urbani	7.1	8.9	6.9	7.7	4.7	4.7	5.5	5.5	4.8	4.8
Prodotti legnosi (HWP)	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	0.1	-1.5	-0.7	-0.4	-0.3
Totale settore LULUCF	-3.6	-23.4	-20.2	-33.7	-39.7	-41.9	-37.7	-27.5	-24.8	-21.2

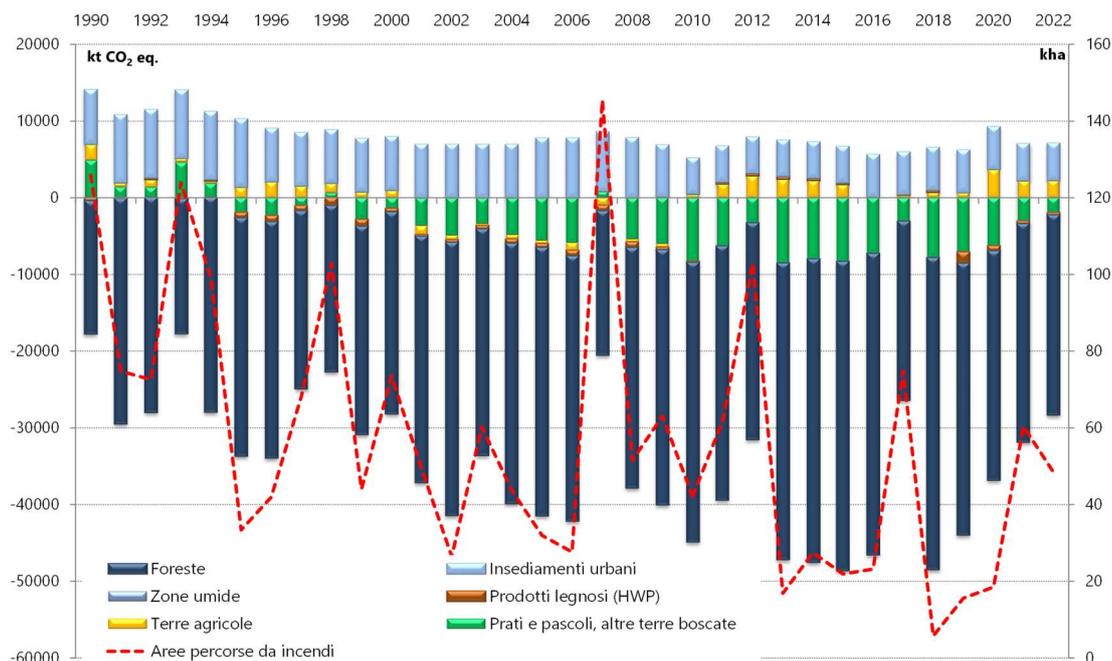
* Gli assorbimenti sono riportati con il segno (-) mentre le emissioni sono riportate con il segno (+)

Figura 3.23 - Variazione del peso contributivo delle categorie emmissive del settore LULUCF



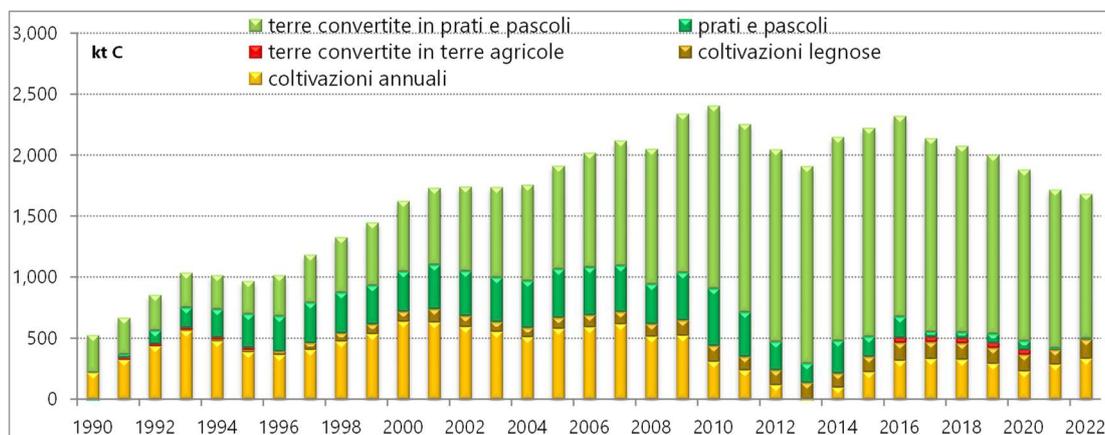
Gli assorbimenti totali del settore LULUCF mostrano un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra, come è possibile notare in figura 3.24.

Figura 3.24 – Assorbimenti ed emissioni di gas serra del settore LULUCF (kt CO₂ eq.) ed aree percorse da incendi in migliaia di ettari (kha)



Il consistente aumento degli assorbimenti di CO₂ è dovuto, essenzialmente, all’aumento della superficie forestale (+24% dal 1990) e dal conseguente aumento di sequestro di carbonio nella biomassa forestale. L’adozione di pratiche gestionali ambientalmente più favorevoli²⁷ ha permesso un aumento del carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli, come illustrato nella figura 3.25.

Figura 3.25 – Carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli (kt C)



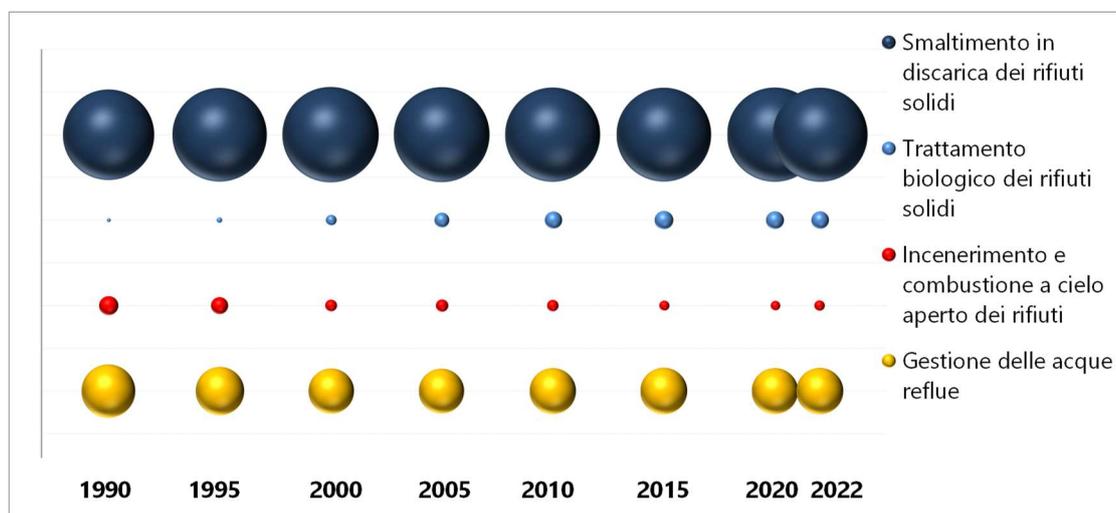
Informazioni dettagliate sono riportate nel National Inventory Report (NIR) (ISPRA, 2024, cap. 6).

²⁷ gestione integrata, pratiche conservative, biologico, set-aside

3.7 Il settore Rifiuti

Il settore Rifiuti, che contribuisce con il 4.9% alle emissioni totali dei gas serra in Italia è responsabile di 20.1 MtCO₂eq nel 2022, dovute principalmente alla gestione delle discariche (77.6%) ed al trattamento delle acque reflue (18.8%). In figura 3.26 è rappresentata la variazione, negli anni, del peso contributivo delle categorie emissive del settore Rifiuti.

Figura 3.26 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Rifiuti



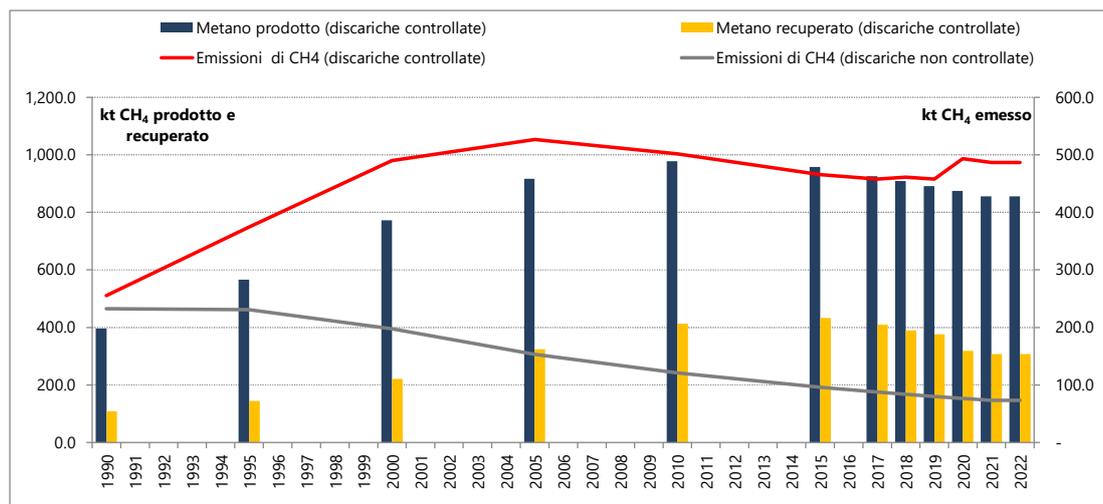
In tabella 3.8 sono riportati gli andamenti delle emissioni di gas serra in termini di CO₂ equivalente dal settore Rifiuti, che mostra un complessivo aumento dei livelli di emissione pari al 5.6% rispetto al 1990, con un aumento del 13.9% per quanto riguarda le emissioni dalle discariche e una riduzione del 19.7% relativamente al trattamento acque reflue.

Tabella 3.8 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Rifiuti per il periodo 1990-2022

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Smaltimento dei rifiuti solidi	13.7	16.9	19.3	19.0	17.4	15.7	15.1	16.0	15.7	15.6
Trattamento biologico dei rifiuti solidi	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
Incenerimento dei rifiuti	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Trattamento delle acque reflue	4.7	4.5	4.3	4.2	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Totale settore Rifiuti	19.0	22.0	24.1	24.1	22.4	20.3	19.7	20.5	20.2	20.1

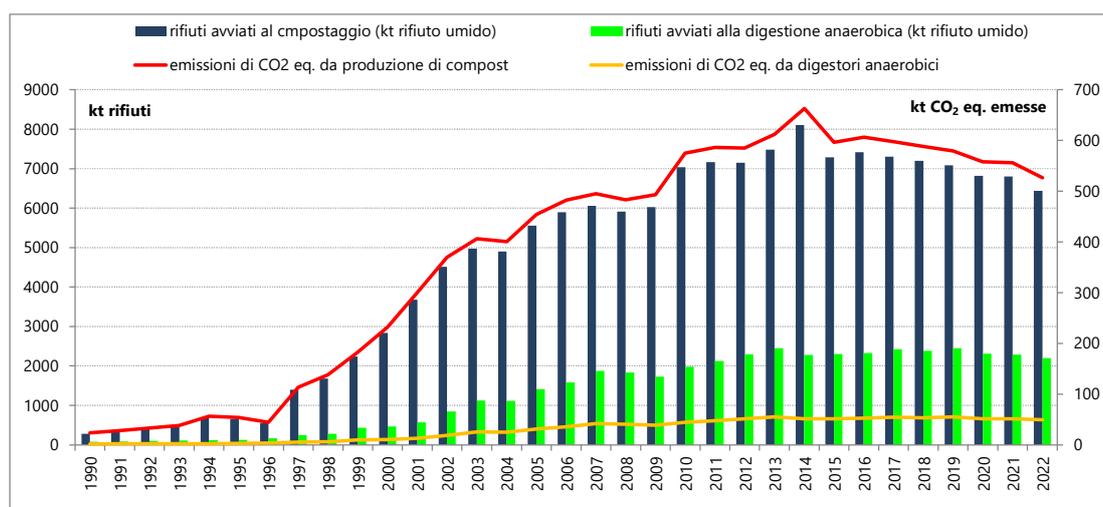
Ad oggi, ancora il 27% circa dei rifiuti prodotti viene avviato a discarica (nel 2022 sono stati smaltiti in discarica 5,173,000 tonnellate di rifiuti solidi urbani, 2,469,000 tonnellate di rifiuti industriali assimilabili e circa 96,000 tonnellate di fanghi), mentre nel 1990 il 91% dei rifiuti veniva smaltito in discarica. L'attuazione negli anni di normative di riferimento nel campo della gestione dei rifiuti ha portato a nuove forme di smaltimento e alla riduzione del conferimento in discarica dei rifiuti biodegradabili. Conseguente è la riduzione sia del biogas prodotto, derivante dalla degradazione della componente organica, sia delle emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera dovuta all'aumento della captazione e trattamento di biogas, come mostrato dall'andamento del metano prodotto recuperato ed emesso in discarica, nel periodo 1990-2022, in figura 3.27.

Figura 3.27 – Metano prodotto, recuperato ed emesso dallo smaltimento dei rifiuti in discarica dal 1990 al 2022



Grazie all'evoluzione della normativa nel campo dei rifiuti e all'introduzione di nuove forme di gestione dei rifiuti, la quantità di rifiuti trattati in impianti meccanico-biologici e di compostaggio, nonché in digestori anaerobici è cresciuta sensibilmente. In figura 3.28 sono riportati le quantità di rifiuti e delle emissioni di metano e protossido di azoto, espresse in CO₂ equivalente, dal compostaggio e dalla digestione anaerobica, dal 1990 al 2022.

Figura 3.28 – Rifiuti trattati ed emissioni dagli impianti di compostaggio e digestione anaerobica



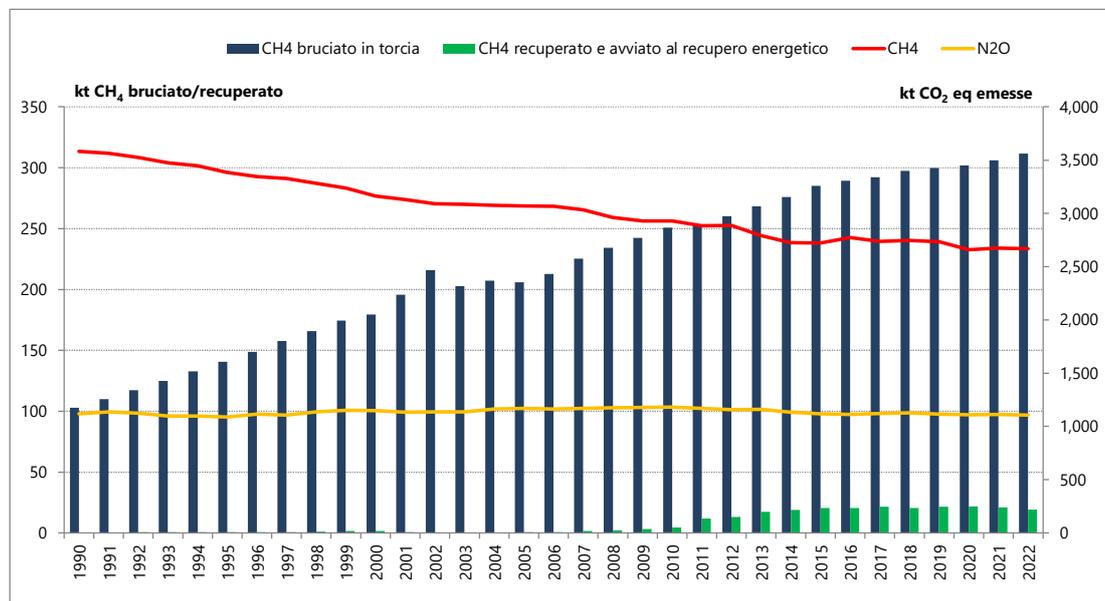
Le emissioni di gas serra derivanti dall'incenerimento dei rifiuti²⁸ sono diminuite del 69,5%, passando da 598 kt CO₂ eq. nel 1990, a 182 kt CO₂ eq. nel 2022. Queste emissioni includono il trattamento dei rifiuti urbani, industriali, sanitari, oli esausti e fanghi negli inceneritori senza recupero energetico; sono inoltre incluse le emissioni dal co-incenerimento dei rifiuti negli impianti industriali, dalla cremazione dei defunti, dalla combustione dei rifiuti agricoli e dai roghi dei rifiuti abbandonati.

Le emissioni di CH₄ e N₂O derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali (figura 3.29) mostrano una diminuzione nel periodo 1990-2022; in questi ultimi trent'anni si è assistito ad un progressivo aumento della copertura fognaria e di conseguenza della quota parte di refluo avviato alla depurazione, che al 2022 copre il 91% della popolazione: questo porta inevitabilmente, per quel che riguarda i reflui civili, ad un aumento della produzione di metano, compensata però da una maggior efficienza di captazione del biogas avviato al recupero energetico. Per i reflui industriali, invece, le

²⁸ Le corrispondenti emissioni dai termovalorizzatori sono riportate nel settore Energia (nel 2022 circa il 99% del totale dei rifiuti avviati all'incenerimento sono stati trattati in impianti dotati di recupero energetico).

emissioni sono legate chiaramente alla quantità di refluo prodotto, che dipende a sua volta dalla produzione industriale stessa: il progresso tecnologico e il crescente impegno dell'industria alle tematiche ambientali ha portato negli anni ad una riduzione, in taluni settori, della quantità di acqua di lavorazione, e quindi di refluo prodotto con una conseguente minore concentrazione di COD (domanda chimica di ossigeno) allo scarico e, quindi, una minore produzione di metano emesso.

Figura 3.29 – Emissioni di CH₄ e di N₂O dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali



4 Gli obiettivi di riduzione

4.1 La situazione emissiva dei settori non ETS (periodo 2013-2020)

Gli impegni per il periodo 2013-2020 per i settori non-ETS ovvero trasporti, civile (riscaldamento degli edifici ed altri usi energetici in agricoltura), agricoltura, rifiuti e industria non-ETS, come già detto nei paragrafi precedenti, sono definiti dalla [decisione 406/2009/UE Effort Sharing](#).

Il calcolo delle emissioni di gas serra da considerare per la verifica degli obiettivi di riduzioni annuali previsti dalla Decisione Effort Sharing (ESD) è riportato nella tabella 4.1; le emissioni totali ESD sono calcolate come differenza tra le emissioni totali di gas serra, senza il contributo del settore LULUCF e senza le emissioni di NF₃, e le emissioni totali verificate dagli impianti inclusi nella Direttiva ETS e le emissioni di CO₂ prodotte dall'aviazione civile, per ogni anno del periodo 2013-2020.

Tabella 4.1 - Emissioni totali da considerare per la verifica degli obiettivi di riduzione previsti dalla Decisione Effort Sharing (ESD) (kt CO₂ eq.)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	kt CO ₂ eq.							
A Emissioni di gas serra	410,809	388,806	398,666	399,039	413,600	394,102	377,672	348,847
B Emissioni totali di gas serra senza LULUCF ¹	450,434	429,341	441,759	439,274	433,482	429,624	418,352	381,248
C Emissioni di NF ₃	26	28	28	34	23	22	18	16
D Emissioni totali di gas serra senza LULUCF e senza emissioni di NF ₃	450,409	429,313	441,731	439,240	433,459	429,602	418,334	381,232
E Emissioni totali verificate dagli impianti inclusi nella Direttiva 2003/87/EC ²	164,504	152,582	156,206	154,956	155,332	146,482	140,943	126,035
F Emissioni di CO ₂ dall'aviazione civile (1.A.3.A)	2,299	2,301	2,167	2,164	2,226	2,321	2,379	1,195
G Emissioni totali ESD (=D-E-F)	283,605	274,430	283,358	282,120	275,900	280,799	275,012	254,001

Gli obiettivi di riduzione annuale sono stati definiti per l'Italia, così come gli altri Stati Membri dell'Unione Europea, con le decisioni 2013/162/EU16 e 2013/634/EU17 e successivamente rivisti, per quanto riguarda i target dal 2017 al 2020, con la [decisione \(UE\) 2017/1471](#) del 10 agosto 2017. Quest'ultimo adeguamento è stato necessario al fine di tenere conto degli effetti del ricorso ai fattori di emissione del quarto rapporto IPCC e del cambiamento delle metodologie UNFCCC usate dagli Stati membri. Gli obiettivi sono definiti come Allocazioni di Emissioni Annuali (AEA) che non possono essere superate.

Le emissioni totali soggette ad Effort Sharing, da considerare per la verifica degli obiettivi annuali vincolanti per l'Italia, e la distanza annuale da tali obiettivi sono riportate nella tabella 4.2.

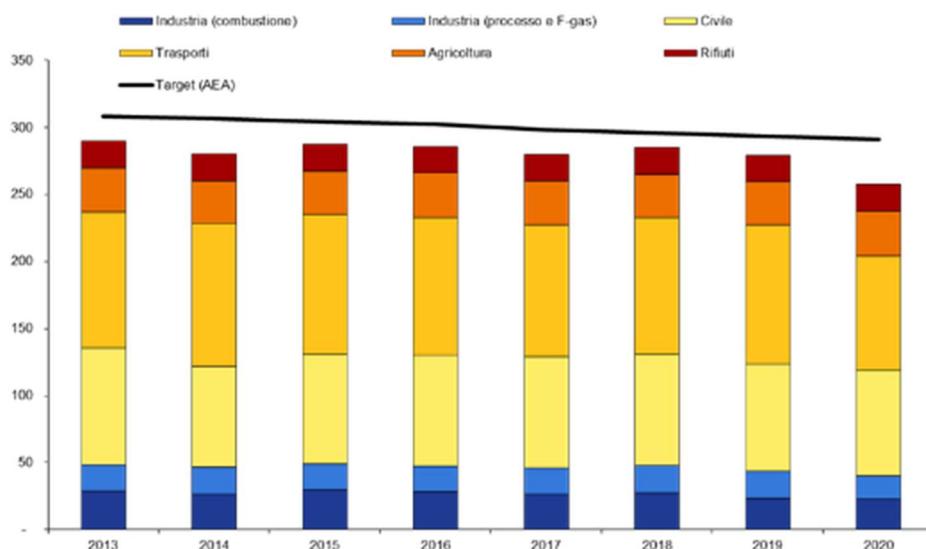
Tabella 4.2 - Obiettivi di riduzione annuale dell'Italia (Mt CO₂ eq.)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Mt CO ₂ eq.							
Emissioni Effort Sharing	283.6	274.4	283.4	282.1	275.9	280.8	275.0	254.0
Obiettivi (AEA)	308.2	306.2	304.2	302.3	298.3	295.8	293.4	291
Distanza dagli obiettivi	-24.6	-31.8	-20.8	-20.2	-22.4	-15.0	-18.4	-37.0

Come evidenziato nella tabella 4.2 e nel grafico 4.1, il Paese è riuscito ad ottenere riduzioni di emissione superiori a quelle necessarie per mantenersi al di sotto delle AEA sia grazie all'attuazione impegni assunti

in materia di efficienza energetica e fonti rinnovabili di cui alle Conclusioni del Consiglio Europeo dell'8-9 marzo 2007, sia ai cicli di crisi economica che si sono succeduti a partire dal 2008.

Figura 4.1 - Emissioni ESD ed obiettivo annuale di riduzione delle emissioni ESD (Mt CO₂ eq.)



4.2 Gli obiettivi Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030

Gli obiettivi di riduzione dei gas ad effetto serra in capo all'Italia sono quelli relativi alla riduzione delle emissioni dei settori inclusi nel regolamento Effort Sharing e gli obiettivi per il settore LULUCF, derivanti rispettivamente dai regolamenti (EU) 857/2023 (Effort Sharing) e 839/2023 LULUCF.

4.2.1 Effort Sharing

Per quanto riguarda l'Effort Sharing, il campo di applicazione rimane sostanzialmente invariato rispetto al periodo precedente, con la sola aggiunta delle emissioni di NF₃ precedentemente escluse. Per l'Italia, il regolamento attualmente vigente prevede una riduzione di tali emissioni del 43.7% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005, con una traiettoria che impone obiettivi di riduzione annuali, con specifiche AEA per tutto il periodo. Da notare quindi come l'aggiornamento degli obiettivi ESR avvenuto nel corso del 2023 abbia aumentato in modo molto significativo il livello di ambizione per l'Italia.

Per i periodi precedenti, l'Italia ha sempre rispettato gli obiettivi di riduzione assegnati, sia per l'adozione di politiche e misure di mitigazione, sia per i diversi cicli di crisi economica del 2008 e del 2013, connessi alle dinamiche economiche globali. Le riduzioni di emissioni richieste per il periodo 2013 – 2020 sono state non solo raggiunte ma ampiamente superate (si calcola un *overachievement* totale per il periodo in termini di riduzione delle emissioni di 190 MtCO₂ eq); la mancata riduzione delle emissioni di trasporti e del residenziale ha portato però a un progressivo avvicinamento dei livelli emissivi italiani ai tetti massimi consentiti, fino al superamento degli stessi registrato per l'anno 2021 e per il 2022. Tale superamento risulta essere pari a 4.6 MtCO₂ eq. per il 2021 e 5.5 MtCO₂ eq. per il 2022, come riportato in tabella 4.2. Le stime preliminari per il 2023 se da un lato registrano una riduzione delle emissioni totali di circa 26 MtCO₂ eq, pari al -6.2% del totale, dall'altro, poiché tale riduzione è avvenuta principalmente nel settore della produzione di energia elettrica, comporta anche per il 2023 il superamento delle emissioni consentite per lo stesso anno pari a 12.9 MtCO₂ eq. In particolare, anche per il 2023 tale distanza è dovuta alla mancata riduzione delle emissioni di gas serra dai trasporti stradali che si attestano costanti sui livelli emissivi elevati del 2014 nonostante le direttive europee relative.

Nella tabella 4.2 sono inoltre riportate le stime per il 2025 e 2030 delle emissioni totali di gas serra, ripartite in ETS e ESR, così come incluse nella Relazione del Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica sullo stato di attuazione degli impegni per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, L.196/2009, art.10, c.9, allegata al [Documento di economia e finanza 2024 \(DEF\)](#). Tali stime non includono lo scenario a politiche aggiuntive, così come descritto nella bozza di aggiornamento del Piano Nazionale per l'energia ed il clima (PNIEC), trasmessa alla Commissione Europea nel giugno 2023, attualmente in corso di aggiornamento per il successivo invio alla Commissione europea a giugno 2024. Al termine di tale attività, saranno disponibili nuovi scenari emissivi che includono le nuove tendenze macroeconomiche e demografiche, e ulteriori politiche e misure di riduzione delle emissioni.

Tabella 4.2 - La situazione emissiva dei settori non ETS per il 2021-2030 (Mt CO₂ eq.)

		2005	2021	2022	2025*	2030*
		Mt CO ₂ eq				
A	Emissioni totali (escluso LULUCF)	595.6	411.3	413.0	389.3	358.7
B	Emissioni ETS	247.5	131.5	136.3	123.7	110.3
C	Emissioni di CO ₂ dalla categoria 1.A.3.a (aviazione)		1.7	2.5		
D	Totale emissioni ESR (= A-B-C)	343.1**	278.1	274.3	263.0	245.6
E	Obiettivo annuale	n.a.	273.5	268.8	240.7	193.6
F	Differenza tra obiettivo annuale ed emissioni ESR (= E-D)	n.a.	-4.6	-5.5	-22.2	-52.0

* stime a politiche correnti incluse nel DEF2024; per ragioni metodologiche, il dato ETS ed Effort Sharing, per il 2025 e 2030, non comprende le emissioni del settore aviazione nazionale che, invece, è compreso nel totale

** Il dato ESR 2005 è quello riportato nella Decisione della Commissione (UE) 2023/1319 del 28 giugno 2023

Da notare, infine, che il regolamento Effort Sharing prevede, in caso del superamento dell'obiettivo annuale, che venga applicata una penalizzazione (si aggiunge alle emissioni di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO₂ equivalente, delle emissioni eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

4.2.2 LULUCF

Per il settore LULUCF, la revisione del Regolamento LULUCF, nell'ambito del *Fit for 55*, ha stabilito gli obiettivi del settore:

- la neutralità emissiva (*no debit rule*), per il periodo 2021-2025
 - obiettivo al 2030 pari ad un assorbimento netto pari ad almeno -35.8 Mt CO₂ eq.
- Verrà inoltre definita nel 2025 la traiettoria definitiva 2026-2029, e conseguentemente gli obiettivi LULUCF, a valle della revisione dei dati comunicati con l'inventario delle emissioni di gas serra nello stesso anno.

Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie LULUCF riportate nella tabella 2.3 e le relative regole di contabilizzazione.

Da notare la possibilità, nell'ambito del regolamento *Effort Sharing*, di utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali *Effort Sharing* (la cosiddetta flessibilità LULUCF): per l'Italia tale flessibilità è pari a un totale di 11.5 MtCO₂ eq., per l'intero periodo 2021-2030 (divisa in 5.75 MtCO₂ eq. per ciascun quinquennio 2021-2025 e 2026-2030).

I dati relativi al 2021-2022 mostrano che la neutralità emissiva per il periodo 2021-2025, come riportato nella tabella 4.3, dovrebbe essere raggiunta, permettendo inoltre, nell'ambito del regolamento Effort Sharing, l'utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli

obiettivi nazionali Effort Sharing (la cosiddetta flessibilità LULUCF) pari a 5.75 MtCO₂ eq. per ciascun periodo 2021-2025.

Tabella 4.3 - La situazione emissiva del settore LULUCF per il 2021-2025 (Mt CO₂ eq.)

	2021	2022	2023	2024	2025	2021-2025
	<i>Mt CO₂ eq</i>					
Emissioni-Assorbimenti LULUCF	-24.8	-21.2	-23.5	-28.1	-28.0	
Contabilizzazione LULUCF	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-82
Obiettivi LULUCF						0
Distanza dagli obiettivi LULUCF						82.0

Per quanto riguarda il periodo 2026-2030, gli scenari emissivi a politiche correnti, inclusi nel DEF2024, mostrano che non si raggiungerà l'obiettivo fissato al 2030., come riportato in tabella 4.4 Anche per il settore LULUCF, gli scenari a politiche correnti e politiche aggiuntive sono in corso di aggiornamento, nell'ambito della finalizzazione del PNIEC.

Tabella 4.4 - La situazione emissiva del settore LULUCF per il 2026-2030 (Mt CO₂ eq.)

	2026	2027	2028	2029	2030
	<i>Mt CO₂ eq</i>				
Emissioni-Assorbimenti LULUCF	-28.0	-27.6	-25.9	-30.7	-28.4
Obiettivi LULUCF*	-34.6	-34.6	-34.6	-34.6	-35.8
Distanza dagli obiettivi LULUCF	-6.6	-7.0	-8.8	-4.0	-7.4

* La traiettoria definitiva 2026-2029, e conseguentemente gli obiettivi LULUCF, si avrà nel 2025, a valle della revisione dei dati comunicati con l'inventario delle emissioni di gas serra nello stesso anno.

Da notare, infine, che anche il regolamento LULUCF prevede, in caso del superamento dell'obiettivo annuale, che venga applicata una penalizzazione (si aggiunge alle emissioni di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO₂ equivalente, delle emissioni eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

Riferimenti bibliografici

AA.VV., 2021. Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra. www.minambiente.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf

Commissione Europea, 2018a. A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM (2018) 773.

Commissione Europea, 2018b. In-depth analysis in support of the commission communication COM (2018) 773. A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC Technical Support Unit, Kanagawa, Japan.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Disponibile su: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

ISPRA, 2023 Le emissioni di gas serra in Italia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi. ISPRA Rapporti 384/2023.

ISPRA, 2024 National Inventory Report 2024 – Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2024. ISPRA Rapporti 398/2024.

Ministry for the Environment, Land and Sea, 2019. National Forestry Accounting Plan, December 2019. https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/nfap_final_resubmission_2019_clean.pdf

MISE, 2020. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Ministero dello Sviluppo Economico. Disponibile su: www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf

