STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Ministero dello Sviluppo Economico

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Ministero delle Politiche agricole, Alimentari e Forestali

Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra

Sommario

SII	NTES	I	4
1.	CC	ONTESTO, METODOLOGIA E RISULTATI	12
	1.1	Il contesto internazionale e il quadro giuridico-programmatico	
	1.2	Le ipotesi e gli strumenti di analisi	
	1.3	Proiezioni relative alle riduzioni delle emissioni e all'aumento degli assorbimenti entro il 2050	17
	FOC	US: Gli scenari climatici	21
2.	LE	DINAMICHE ENERGETICHE	27
	2.1	I consumi interni lordi e il mix energetico	27
	2	2.1.1 trend storici	27
	2	2.1.2 Il quadro al 2050	29
	2.2	Il sistema elettrico nell'evoluzione del sistema energetico	32
	2	2.2.1 trend storici	32
	2	2.2.2 Il quadro al 2050	34
	ı	OCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Elettrico	39
	2.3	I consumi finali e l'efficienza energetica	41
	2	2.3.1 trend storici generali	41
	2	2.3.2 Il quadro al 2050	42
3.	LE	DINAMICHE SETTORIALI	45
	3.1	Industria	45
	3	3.1.1 trend storici	45
	3	3.1.2 Il quadro al 2050	47
	3	3.1.3 Opzioni per la decarbonizzazione	49
	1	OCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Industria	54
	3.2	Trasporti	56
	3	3.2.1 trend storici	56
	3	3.2.2 Il quadro al 2050	57
	3	3.2.3 Opzioni per la decarbonizzazione	58
	1	OCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Trasporti	61
	3.3	Civile	63
	3	3.3.1 trend storici	63
	3	3.3.2 Il quadro al 2050	66

	3	3.3.3 Opzioni per la decarbonizzazione	. <i>6</i> 8
	F	OCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Civile	. 7 1
	3.4	Agricoltura	. 72
	3	3.4.1 trend storici	. 72
	3	3.4.2 Il quadro al 2050	. 72
	3	3.4.3 Opzioni per la decarbonizzazione	. 74
	F	OCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Agricoltura	. <i>77</i>
	3	3.4.4 Legami con le politiche di sviluppo agricolo e rurale	. 7 9
	3.5	Destinazione del suolo, cambiamenti di destinazione del suolo e silvicoltura (LULUCF)	. 80
	3	3.5.1 trend storici	. 80
	3	3.5.2 Il quadro al 2050	. 80
	3	3.5.3 Opzioni per la decarbonizzazione	. 82
	F	OCUS: Contributo alla decarbonizazzione del Settore LULUCF	. 84
1.	PO	DLITICHE E MISURE DI ADATTAMENTO	. 85
5.	AL	LINEAMENTO DEI FLUSSI FINANZIARI ED ECONOMICI AGLI OBIETTIVI DELL'ACCORDO DI PARIGI.	. 91
	5.1	Il Contesto internazionale ed europeo	. 91
	5.2	Il Contesto italiano	. 94
	5.3	Oreintamenti e strumenti	. 95
	5.4	Aspetti economici: alcune considerazioni	. 97
	FOC	US: Modelli di equilibrio economico generale	. 9 9

Allegato 1: Dettagli della consultazione pubblica

Allegato 2: Dettagli sulle tecnologie di decarbonizzazione

SINTESI

Il quadro internazionale ed europeo

- Al fine di limitare il riscaldamento globale tra 1,5°C e 2°C rispetto ai livelli pre-industriali, l'Accordo di Parigi, negoziato alla COP 21 del 2015, invita i Paesi firmatari a comunicare entro il 2020 le proprie "Strategie di sviluppo a basse emissioni di gas serra di lungo periodo" al 2050.
- In tale prospettiva, il *Regolamento sulla Governance dell'Unione dell'Energia*¹, all'articolo 15, ha previsto che la Commissione proponesse entro l'inizio del 2019 una *Strategia a lungo termine europea* e che, entro il 2020, gli Stati Membri dovessero fare lo stesso, presentando Strategie nazionali con un orizzonte di almeno trent'anni.
- A novembre 2018, la Commissione ha approvato la Comunicazione "A Clean Planet for all", accompagnata da un approfondito Documento di analisi², che ha individuato diversi percorsi di decarbonizzazione tali da determinare, al 2050, una riduzione delle emissioni compresa tra l'80% e il 100% rispetto al livello del 1990.
- Su questa linea, la Presidente della Commissione Ursula Von der Leyen, nella sua Comunicazione sul Green Deal europeo, ha tracciato una strategia di crescita "mirata a trasformare l'UE in una società giusta e prospera, dotata di un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva che nel 2050 non genererà emissioni nette di gas a effetto serra e in cui la crescita economica sarà dissociata dall'uso delle risorse." Tale orientamento ha trovato conferma nelle Conclusioni del Consiglio europeo del 12 dicembre 2019, con il supporto esplicito del Governo italiano.

L'approccio adottato

- In questo contesto, la proposta di Strategia nazionale di lungo termine (di seguito Strategia) 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 (CCS-CCU).
- Al fine di quantificare e qualificare lo sforzo da compiere in questa direzione, la Strategia passa per due tappe logiche:
 - come primo passo, è stato tracciato uno *Scenario di riferimento* caratterizzato da tre elementi essenziali: i) centra gli obbiettivi previsti dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), "trascinando" fino al 2050 le conseguenti tendenze energetico-ambientali virtuose; ii) adotta dinamiche esogene di PIL e popolazione in linea con i più recenti set disponibili previsioni ISTAT³; iii) integra gli effetti dei cambiamenti climatici, in termini di variazioni potenziali dei gradi giorno, di resa delle colture e di frequenza degli incendi⁴ ed evidenzia le conseguenti azioni prioritarie sul piano dell'"adattamento";
 - o partendo dal gap emissivo restituito dallo *Scenario di riferimento* sono stati poi condotti più esercizi per individuare combinazioni, sinergie e criticità delle potenziali leve attivabili per raggiungere al 2050 la neutralità climatica (*Scenario di decarbonizzazione*). Queste leve possono essere ricondotte a tre principali tipologie: i) una riduzione spinta della domanda di energia, connessa in particolare ad un calo dei consumi per la mobilità privata e dei consumi del settore

¹ Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che modifica le direttive (CE) n. 663/2009 e (CE) n. 715/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive del Consiglio 2009/119/CE e (UE) 2015/652 e che abroga il regolamento (UE) n. 525/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio

² https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com 2018 733 analysis in support en 0.pdf

³ Le ultime proiezioni ufficiali prevedono una crescita del PIL e una popolazione più basse rispetto alle precedenti, raccomandate dalla CE, incorporate nel PNIEC: l'adozione di un diverso set di esogene, al 2030, ha un effetto visibile ma relativamente contenuto, che non impatta lo sviluppo delle infrastrutture e l'assetto della produzione energetica tracciato nel Piano. Il primo aggiornamento del PNIEC sarà occasione di allineamento.

⁴ Si prende a riferimento lo Scenario centrale – RCP 4,5- dell'ultimo IPCC Report.

civile; ii) un cambio radicale nel mix energetico a favore delle rinnovabili (FER), coniugato ad una profonda elettrificazione degli usi finali e alla produzione di idrogeno, da usare tal quale o trasformato in altri combustibili, anche per la decarbonizzazione degli usi non elettrici iii) un aumento degli assorbimenti garantiti dalle superfici forestali (compresi i suoli forestali) ottenuti attraverso la gestione sostenibile, il ripristino delle superfici degradate e interventi di rimboschimento, accompagnato, eventualmente, dal ricorso a forme di CCS-CCU.

• Si precisa che gli *Scenari* delineati non tengono conto dell'impatto, ancora di difficile quantificazione, dell'emergenza sanitaria legata al virus SARS-CoV-2. Oltre allo *shock* produttivo negativo di breve e medio periodo, le ricadute della crisi sanitaria sul processo di decarbonizzazione varieranno in funzione di una molteplicità di fattori come l'eventuale accelerazione di misure di rilancio economico in chiave sostenibile (sia a livello europeo che nazionale) o un cambio strutturale nelle abitudini e modalità di lavoro dei cittadini (si pensi, a titolo di esempio, ad un maggior ricorso allo *smart-working*). La valutazione di questi aspetti, evidentemente incompatibile con i tempi di elaborazione di questo documento, potrà essere compiutamente affrontata in un prossimo aggiornamento della Strategia.

Il dato storico e lo Scenario di riferimento

L'ultimo Inventario delle emissioni di gas a effetto serra⁵ riporta che, tra il 1990 e il 2018, le emissioni si sono ridotte di circa il 17%, passando da 516 a 428 Milioni di tonnellate di CO_2 equivalente (Mton CO_2 eq). Aggiungendo gli assorbimenti netti del settore LULUCF⁶ (nel 2018 pari a circa 36 Mton CO_2 eq), l'ammontare delle emissioni si riduce a circa a 390 Mton CO_2 eq: tale valore rappresenta, dunque, lo sforzo complessivo da compiere per raggiungere una piena decarbonizzazione al 2050.

- Il "primo tratto" del percorso di decarbonizzazione, per il periodo 2021-2030, di fatto, è già stato tracciato nel PNIEC che ha individuato obbiettivi puntuali relativamente alla crescita delle fonti rinnovabili (30% sui consumi finali), al miglioramento dell'efficienza energetica (-43% rispetto allo Scenario tendenziale⁷) e alla riduzione delle emissioni di gas serra, declinate tra settori "ETS" e "non-ETS" (rispettivamente almeno -43% e -33% rispetto al dato del 2005).
- Confermando ed estendendo al ventennio successivo le dinamiche energetico-ambientali virtuose del PNIEC, nello *Scenario di Riferimento*, al 2050, residuano circa 220 Mton CO₂ eq che, tenuto conto degli assorbimenti del settore LULUCF, scendono appena sotto le 200 Mton CO₂ eq: saremmo grossomodo al 40% del livello del 1990.
- Leggendo questo dato sul piano macrosettoriale, risulta che circa il 70% delle emissioni residue al 2050 deriva da "usi energetici", e in particolare:
 - il settore dei trasporti è il primo in termini di emissioni, coprendo circa il 30% del totale (macchinari agricoli inclusi). In buona sostanza, risulta insufficiente il miglioramento dell'efficienza dei mezzi tradizionali a fonti fossili e la loro sostituzione solamente parziale con tecnologie a basso impatto emissivo;
 - o il settore industriale scende sensibilmente arrivando a pesare, in termini emissivi, circa il 25% del totale, con dinamiche ben distinte tra comparto energetico e non: il primo, con una progressiva penetrazione delle rinnovabili, una maggiore efficienza della conversione termoelettrica e l'utilizzo del gas naturale al posto di fonti più inquinanti, vede crollare le emissioni a circa 1/3 rispetto a quelle attuali; le "altre" industrie mostrano, invece, una maggiore "vischiosità" emissiva che riflette, a fronte di una crescita economica modesta, una oggettiva complessità a fare un "salto tecnologico" (e di investimento), rispetto al processo di graduale efficientamento energetico da tempo intrapreso;

⁵http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report-2018/view

⁶ Copre gli assorbimenti netti di gas serra derivanti dall'uso del suolo, dal cambiamento di uso del suolo e dalla selvicoltura (Land Use, Land Use Change and Forestry).

⁷ Scenario PRIMES 2007 prodotto dalla Commissione Europea.

- il settore residenziale e commerciale, pur registrando un calo secondo solo a quello dell'industria energetica, conserva ancora un potenziale di riduzione importante, corrispondente a circa il 15% delle emissioni totali.
- Guardando al comparto degli "usi non-energetici", che copre il residuo 30% del totale, emerge, come già
 rilevato nel PNIEC, la sostanziale difficoltà a comprimere le emissioni da agricoltura/zootecnia e da
 processi industriali.

Posto dunque che il mero "trascinamento" delle tendenze attuali, per quanto virtuoso, sarebbe insufficiente a centrare il target di neutralità climatica al 2050, è necessario prevedere un vero e proprio cambio del "paradigma energetico italiano" che, inevitabilmente, passa per investimenti/scelte che incidono sulle tecnologie da applicare, sulle infrastrutture ma anche sugli stili di vita dei cittadini.

Il percorso di decarbonizzazione

- Sul piano metodologico, lo Scenario di decarbonizzazione necessita di tre ordini di premesse:
 - o la chiusura completa del "gap emissivo" può essere raggiunta mediante diverse opzioni, anche cumulabili tra loro;
 - o i percorsi tracciati restituiscono, da un lato, alcune condizioni di fondo che tendenzialmente devono essere rispettate per arrivare alla neutralità climatica e, dall'altro, una serie di criticità tecniche, operative, economiche, sociali che devono essere affrontate; in particolare, sono formulate delle assunzioni sulla disponibilità e diffusione di diverse tecnologie necessarie al pieno dispiegamento del processo di decarbonizzazione (ad esempio, i sistemi di accumulo e le applicazioni per la produzione e l'impiego dell'idrogeno): è bene tuttavia sottolineare che, almeno in parte, il realizzarsi di queste condizioni dipende da orientamenti e scelte di investimento da definire a livello europeo e internazionale (ad esempio in termini di sector coupling e di vettori energetici da privilegiare per taluni usi finali, anche superando il principio di neutralità tecnologica);
 - o si assume che sia possibile contemperare le esigenze di forte sviluppo delle fonti rinnovabili con altri obiettivi di natura ambientale e paesaggistica.

<u>La domanda di energia</u>

- Una prima importante sfida è che i consumi finali devono scendere sensibilmente, di circa il 40% rispetto
 a quelli attuali. Una parte di questa riduzione è incorporata già nello Scenario di riferimento in esito alle
 tendenze innescate con il PNIEC, in piena coerenza con il principio europeo "energy efficiency first": lo
 sforzo aggiuntivo deve essere concentrato soprattutto nel settore residenziale/commerciale e in quello
 dei trasporti. In particolare:
 - o nel primo, il "tasso annuale di riqualificazione" degli immobili, con interventi di ristrutturazione edilizia prevalentemente di tipo "profondo", deve accelerare sensibilmente: si consideri che gli obiettivi al 2030 del PNIEC richiedono un tasso dello 0,9% per il residenziale, mentre per il 2050 sarà necessario salire fino a circa il 2%, di cui circa l'80% di deep renovation;
 - nel secondo, si prevede un ulteriore ampliamento della quota del fabbisogno di mobilità privata coperto dal trasporto pubblico/condiviso, con una riduzione significativa del parco auto circolante e, lato merci, si rende necessaria una più efficace logistica (ad esempio, con una drastica diminuzione dei "viaggi a vuoto");
 - o nel settore dell'industria non-energetica sono stati esclusi tagli di produzione significativi, e dunque la domanda resta essenzialmente invariata perché già "efficientata" nello *Scenario di riferimento*, dove si considerano attivi schemi per dare un prezzo (elevato) alla CO₂ emessa.
- La riduzione dei consumi si deve accompagnare ad una importante ricomposizione di fonti e vettori energetici impiegati:
 - o l'elettricità supera il 50%, con punte significative in alcuni comparti (ad esempio, le auto saranno prevalentemente elettriche e gli edifici riscaldati con pompe di calore);
 - o le rinnovabili, oltre che sotto forma di elettricità, crescono anche sotto forma di biometano e idrogeno, arrivando, nel complesso, a coprire non meno dell'85-90% dei consumi finali;

- si assume uno sviluppo dell'economia circolare, fino a rendere marginale l'uso energetico dei rifiuti.
- Questo doppio passaggio su quantità e qualità dei consumi richiede diversi "fattori abilitanti" cui corrispondono ovviamente importanti criticità. In particolare:
 - la disponibilità da parte dei cittadini ad un cambio comportamentale e di abitudini nella quotidianità, a cominciare dal passaggio al trasporto pubblico e al ciclopedonale (peraltro da adeguare in termini di infrastrutture/mezzi);
 - o la possibilità e la volontà, sempre dei cittadini, di eseguire interventi "invasivi" per la riqualificazione profonda degli edifici;
 - la propensione a compiere uno "scarto tecnologico" in alcuni comparti del settore industriale, ad esempio nell'acciaio, per sostituire le fonti fossili altamente emissive con energia di matrice rinnovabile.

L'offerta di energia

- A fronte di queste esigenze evolutive della domanda, l'offerta di energia dovrà gestire diversi snodi cruciali.
 - La produzione elettrica deve più che raddoppiare rispetto a quella attuale e collocarsi a 600-700
 TWh con una quota coperta da rinnovabili compresa tra il 95% e il 100%, a seconda che si adotti o meno l'ipotesi di abbandono completo delle fossili sia nella generazione di elettricità che nella siderurgia.
 - Questo risultato è raggiungibile grazie al dispiegamento di fonti sinora non sfruttate, innanzitutto l'eolico off-shore, e, ragionando sulla base delle tecnologie disponibili, ad un eccezionale sviluppo del solare: la capacità fotovoltaica istallata stimata al 2050 varia tra i 200 e i 300 GW (cioè 10-15 volte quella attuale). Resta naturalmente salva la possibilità di ricorrere a importazioni, ovvero, di sviluppare altre tecnologie.
 - L'incremento esponenziale della produzione da fonti rinnovabili, oltre ad un coerente adeguamento della rete elettrica, richiede che siano sfruttati appieno e potenziati i pompaggi, anche di origine marina, e che siano sviluppati sistemi di accumulo centralizzati e distribuiti: in particolare, i sistemi di accumulo elettrochimico dovrebbero arrivare a 30-40 GW, 4-5 volte il livello già incorporato nel PNIEC al 2030.
 - Con le ipotesi assunte sulle fonti utilizzate, una quota rilevante dell'energia elettrica, almeno del 25-30%, è destinata, in particolare nella fase di *overgeneration*, alla produzione di idrogeno: in prospettiva, sarà dunque essenziale arrivare a governare questo vettore in maniera efficace sul piano tecnologico (quota miscelabile in rete con il gas/biometano, uso diretto nei trasporti e nell'industria, possibilità di stoccaggio) ed efficiente sul piano economico (costi del ciclo di produzione, trasporto, stoccaggio, riutilizzo).
 - L'idrogeno derivato da rinnovabili combinato con CO₂ catturata di origine "bio" consente la produzione di biometano e carburanti simili ai convenzionali ma ad emissioni nulle di gas serra (c.d e-fuels), favorendo dunque il riutilizzo di infrastrutture e mezzi esistenti. Nel rispetto degli obbiettivi sulla qualità dell'aria, dovrà pertanto essere pienamente sfruttato anche il potenziale delle biomasse, ivi inclusa la valorizzazione del legno derivante dalla gestione forestale sostenibile.
 - Da un punto di vista infrastrutturale, la progressiva sostituzione del gas con idrogeno richiederà un *upgrading* e una complessiva riconfigurazione della rete, ad esempio, con porzioni dedicate esclusivamente al trasporto dell'idrogeno stesso e tratti periferici della distribuzione che potrebbero essere chiusi (perché serviti da sistemi locali), nonché un appropriato accoppiamento dei settori elettrico e gas.
 - Fermo restando che una parte di questi importanti volumi di energia da rinnovabili potrebbe anche essere acquisita dall'estero, in ogni caso, per il processo di decarbonizzazione, saranno dirimenti gli aspetti di localizzazione/autorizzazione/accettazione degli impianti e delle opere per l'adeguamento delle reti: come già ben evidenziato nel PNIEC, è necessario individuare modalità

efficaci per ricomporre/risolvere i potenziali conflitti tra sviluppo delle rinnovabili e "altri" obiettivi ambientali, quali il consumo di suolo o la tutela del paesaggio.

- Complessivamente, nello Scenario di decarbonizzazione, queste dinamiche lato domanda e offerta arrivano a disegnare un quadro dei flussi energetici completamente diverso da quello attuale (si vedano i due Diagrammi che seguono questa Sintesi). A conti fatti, le emissioni da usi energetici dovrebbero collocarsi in una "forchetta" di 15-35 Mton CO₂ eq. Nel dettaglio:
 - le emissioni residue derivano dal settore industriale dove permane una quota di gas, anche nell'ipotesi di completa uscita delle fossili dalla generazione elettrica e di riconversione all'idrogeno dell'acciaio (parte bassa della "forchetta");
 - o le emissioni di trasporti e civile sono di fatto azzerate con una combinazione di elettricità (da fonti rinnovabili), bioenergie, idrogeno.

<u>Il settore non-energetico, gli assorbiment</u>i e la cattura

- Le emissioni nei settori non energetici rappresentano lo zoccolo duro più difficilmente comprimibile. I margini di miglioramento rispetto allo *Scenario di riferimento* sono nell'ordine del 20%, con uno stock residuo intorno alle 50 Mton CO₂ eq, ampiamente superiore a quello derivante dagli usi energetici. In particolare:
 - per l'agricoltura può essere incorporato un miglioramento, comunque relativo, connesso alla gestione degli allevamenti e alle tecniche virtuose innovative per incrementare lo stock di carbonio nei terreni;
 - o nei processi industriali, al netto degli aspetti energetici, rispetto a quanto già considerato nello *Scenario di riferimento*, non sono stati incorporati altri margini di intervento, sia in quanto si è assunto il mantenimento dei livelli di produzione, sia perché non sembrano, al momento, ipotizzabili ulteriori tecnologie di abbattimento.

La compensazione possibile delle emissioni residue (settori energy e settori non-energy), corrispondenti complessivamente a 65-85 Mton CO₂ eq, parte dalla capacità di incremento dell'assorbimento del comparto forestale (LULUCF):

- o con politiche di contrasto agli incendi e di gestione sostenibile del suolo, si punta a riportare l'assorbimento dei "pozzi" al massimo storico, pari a circa 45 Mton CO₂ eq.
- Per "azzerare" il residuo emissivo, pari dunque ad altre 20-40 Mton CO₂ eq, si può ricorrere allo sfruttamento di parte del potenziale disponibile stimato a livello nazionale per lo stoccaggio della CO₂ catturata (CCS), in particolare nell'industria (energetica e non).
- In alternativa, anche parziale, alla CCS, si possono ipotizzare ulteriori cambiamenti nelle abitudini, nelle tecnologie e nei modi di produzione che impattano direttamente quei segmenti dove le emissioni sono più difficili da abbattere, anche in conseguenza delle azioni attese a livello europeo per l'attuazione del *Green Deal*. Ad esempio con: a) la modifica delle abitudini alimentari che interessa il settore agricolo, fermo restando che una riduzione dei capi allevati può avere ricadute significative sulla disponibilità di biometano; b) la disponibilità di tecnologie che consentono il completo *phase-out* degli F-gas ad alto impatto climalterante, oppure, di applicazioni che permettono di "imprigionare" il carbonio catturato in forma solida in prodotti/materiali; c) la revisione della tassazione energetica; d) l'adozione di piani di azione europei sfidanti per l'economia circolare e la neutralità climatica dei settori industriali *energy intensive*.

Considerazioni e conclusioni

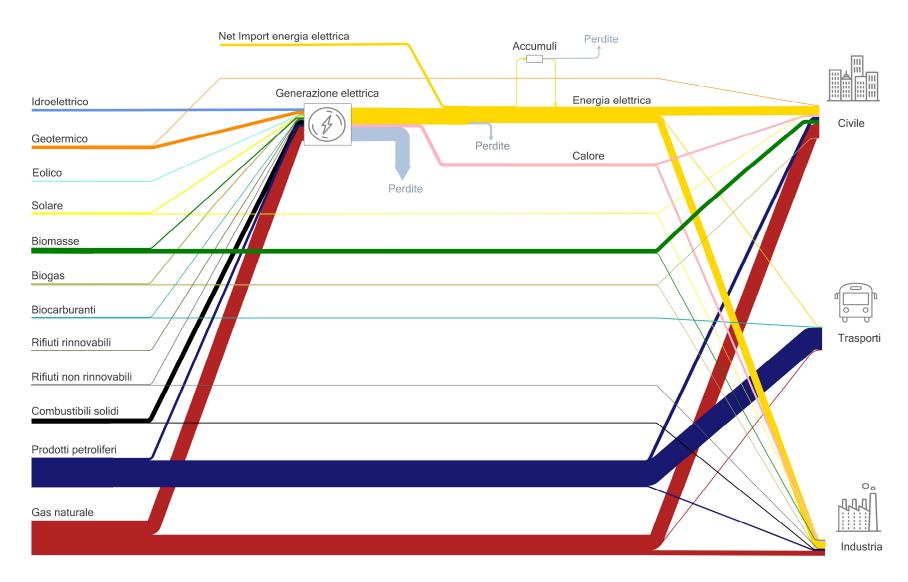
- L'analisi svolta per delineare la Strategia di lungo termine mette in luce limiti/criticità da affrontare nel percorso di decarbonizzazione ma anche spunti utili per dare da subito, su una varietà di temi, impulso e coerenza alle politiche nazionali, europee e internazionali.
- A livello nazionale, si ritiene necessario che una trasformazione così importante e radicale come quella prospettata in questa Strategia debba permeare tutte le politiche pubbliche, in un percorso di ampia

condivisione. Primi passi in tal senso sono stati effettuati con la trasformazione del CIPE, Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, in CIPESS, Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica e lo Sviluppo Sostenibile e con l'avvio del *Green Deal*, di cui si è detto anche nell'ambito del PNIEC.

- È tuttavia auspicabile un cambio di atteggiamento da parte dei diversi livelli istituzionali, dei cittadini e delle imprese, in quanto troppo spesso il percorso verso la decarbonizzazione, già solo in vista degli obiettivi 2020, incontra molte resistenze. Queste resistenze, pur motivate dalla difesa di altri legittimi interessi, dovrebbero attenuarsi sulla base di una maggiore condivisione della necessità di procedere convintamente sulla strada della transizione. Inoltre, occorrerà che il concetto di "transizione giusta" sia continuamente e concretamente declinato in misure che distribuiscano in modo equo vantaggi e costi, senza lasciare indietro coloro che dalla transizione potranno essere spiazzati.
- Sul piano delle scelte strategiche, nell'orizzonte 2050, l'emergere del ruolo fondamentale di elettricità e
 idrogeno suggerisce di valutare la possibilità di progressiva riconversione delle infrastrutture gas per il
 trasporto e la distribuzione, dapprima di miscele gas-idrogeno e poi di idrogeno. Operativamente, ciò si
 traduce nella promozione di una cooperazione rafforzata tra i gestori dei sistemi di trasmissione
 dell'elettricità e di trasporto del gas, con pianificazioni congiunte, sperimentazioni e studio delle esigenze
 di adeguamento delle infrastrutture.
- A livello europeo, si ritiene necessario pervenire a un quadro unitario all'interno del quale le Strategie nazionali abbiano alcuni grandi assi di intervento comuni. Non è pensabile un mercato unico dell'energia e degli apparecchi che consumano energia se non si seguono orientamenti uniformi e interventi coordinati su determinati grandi temi, quali, ad esempio: il ruolo dell'idrogeno e dei combustibili rinnovabili per la decarbonizzazione di settori come il trasporto pesante, marittimo e aereo o l'industria siderurgica, chimica e del cemento; oppure, i vettori energetici (e relative infrastrutture) da privilegiare per alcuni usi finali come il trasporto privato, per il quale la neutralità tecnologica o le scelte compiute a livello di singoli Stati potrebbero essere insostenibili sotto il profilo economico, oltre a creare, probabilmente, difficoltà di funzionamento del mercato unico.
- In generale, le grandi infrastrutture che collegano gli Stati membri, quali elettrodotti, gasdotti, strade, vie di comunicazioni ferroviarie, marittime, aeree, dovrebbero continuare a essere interconnesse in modo da poter soddisfare le esigenze di consumatori e aziende in modo omogeneo.
- La forza dell'Europa unita deve essere fatta valere per spingere la ricerca di soluzioni tecnologiche e operative che consentano di contemperare la notevole crescita delle fonti rinnovabili con le esigenze di tutela dell'ambiente e del paesaggio.
- Ancor più importante sarà che il percorso europeo verso la decarbonizzazione sia condiviso su scala
 globale: ciò è indispensabile non solo perché una "fuga" in solitaria sarebbe insufficiente per raggiungere
 i risultati indicati nello stesso Accordo di Parigi, ma anche per evitare effetti di spiazzamento del sistema
 produttivo europeo. Si tratta di un aspetto non marginale, considerando che, nell'ambito di questa
 Strategia, si è assunto il sostanziale mantenimento dello stile di vita e dell'assetto produttivo e industriale
 del nostro Paese.
- In definitiva, per chiudere completamente il gap emissivo e arrivare alla neutralità climatica sono
 necessarie scelte politiche a elevato impatto sociale/settoriale/territoriale, tecnologie ancora non pronte
 in parte perseguibili solo su base europea coordinata, nonché una condivisione a livello internazionale
 del processo di decarbonizzazione. Per tenere conto degli sviluppi su tutti questi fronti, ferme restando
 le tendenze di fondo individuate, la Strategia deve inevitabilmente essere uno strumento dinamico,
 aggiornato periodicamente.

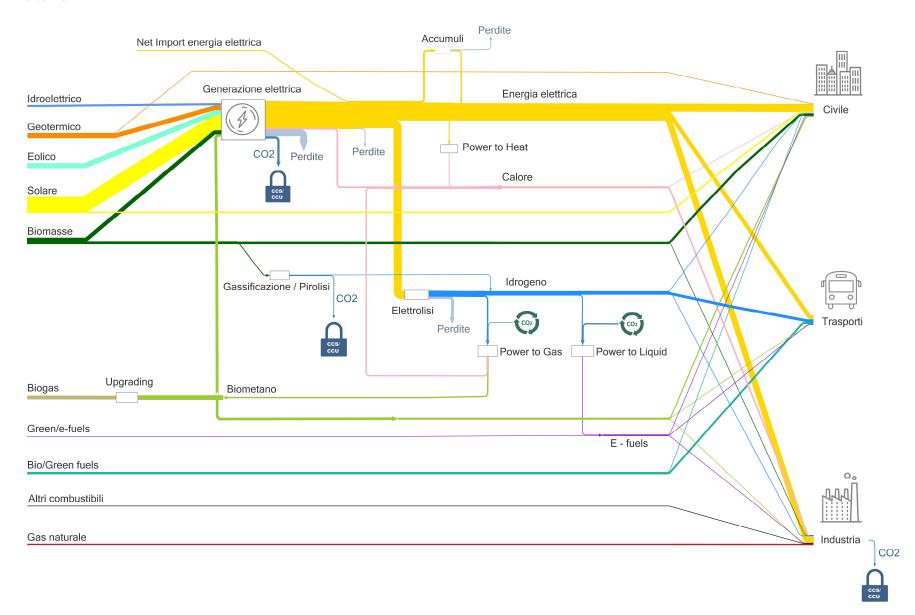
Bilancio energetico Italia 2018

Fonte: Eurostat



Bilancio energetico Italia 2050 Scenario di decarbonizzazione

Fonte: RSE



1. CONTESTO, METODOLOGIA E RISULTATI

1.1 Il contesto internazionale e il quadro giuridico-programmatico

L'Accordo di Parigi, negoziato alla COP 21 e sottoscritto da circa 200 Paesi, pone l'obiettivo di mantenere il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C e proseguire gli sforzi per limitare l'aumento a 1,5°C raggiungendo un equilibrio tra le emissioni antropogeniche e gli assorbimenti da parte dei pozzi di gas a effetto serra nella seconda metà di questo secolo. In particolare, l'Accordo prevede che tutti le "Parti": i) presentino un Contributo Determinato a livello Nazionale (*Nationally Determined Contribution*, NDC) che identifichi l'impegno di ciascuno per la riduzione delle emissioni e il raggiungimento degli obiettivi di contenimento delle temperature; ii) comunichino entro il 2020 Strategie di sviluppo a basse emissioni di gas serra di lungo periodo, con orizzonte temporale al 2050.

Gli Stati membri dell'Unione Europea hanno presentato il proprio NDC in maniera congiunta, con un obiettivo complessivo di riduzione dei gas ad effetto serra al 2030 del 40% rispetto al 1990. Al fine di raggiungere tale obiettivo, è stato adottato un pacchetto di provvedimenti, il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2030" al fine di raggiungere gli obiettivi chiave a livello UE:

- una riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990);
- raggiungimento del 32% di rinnovabili sui consumi complessivi al 2030;
- riduzione dei consumi di energia primaria del 32.5% rispetto all'andamento tendenziale.

I Piani Nazionali Integrati per l'Energia e il Clima presentati dagli Stati Membri ai sensi del Regolamento (UE) 2018/1999 sulla *Governance* dell'Unione dell'Energia (di seguito Regolamento *Governance*) identificano le politiche e le misure dei singoli Paesi ai fini del raggiungimento degli obiettivi europei. Anche l'Italia, nel dicembre 2019, ha presentato il proprio PNIEC.

Questo quadro programmatico europeo è stato recentemente ulteriormente rafforzato. Il 4 marzo 2020 è stata presentata la proposta di Regolamento per una "Legge europea per il clima" che, in linea con la precedente Comunicazione della Commissione europea dell'11 dicembre 2019 sul "Green Deal" (COM(2019) 640 final)⁸, prevede di rivedere l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni di gas serra al 2030, esplorando opzioni per un target di 50-55% rispetto ai livelli del 1990. In particolare, è stabilito che, entro giugno 2021, la Commissione valuti come rivedere la legislazione europea per dare attuazione all'incremento del livello di ambizione. La stessa proposta di Regolamento conferisce forza di legge all'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050 prevedendo la definizione di una traiettoria, a livello europeo, per il periodo successivo al 2030.

In tale contesto si collocano dunque le Strategie nazionali di decarbonizzazione al 2050 che gli Stati membri debbono adottare ai sensi dell'articolo 15 del citato Regolamento (UE) 2018/1999 sulla *Governance* dell'Unione dell'Energia.

Sul piano operativo la Strategia italiana è stata elaborata in continuità con il lavoro sul PNIEC, istituendo una "cabina di regia" inter-istituzionale composta dai Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dello Sviluppo Economico integrata dai Ministeri delle Infrastrutture e Trasporti e delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

A supporto, è stato istituito un gruppo di lavoro tecnico nell'ambito del quale sono state riunite competenze e professionalità diverse per mettere a sistema e valorizzare le diverse conoscenze in modo interattivo e flessibile. Al gruppo hanno partecipato i rappresentanti delle Amministrazioni Centrali e istituti pubblici che si occupano di questioni climatiche ed energetiche (ISPRA, RSE, GSE, Politecnico di Milano, ENEA e CMCC).

Considerato che la Strategia prefigura un impatto profondo e articolato sul sistema socio-economico nazionale, come previsto dall'articolo 10 del Regolamento *Governance*, sono stati effettuati, anche in parallelo, diversi passaggi consultivi.

⁸ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication en.pdf

- In primo luogo, il 3 ottobre 2019 è stata avviata una consultazione pubblica *on line*, in forma di questionario a risposta multipla, che si è conclusa il 18 novembre 2019 (per una analisi dei risultati si veda l'Allegato 1).
- Inoltre sono stati realizzati alcuni incontri tecnici settoriali con le associazioni di categoria e i principali player nonché associazioni ambientaliste, sindacali, consumatori e "think tank", al fine di raccogliere indicazioni, in particolare, rispetto alle tecnologie con maggiore potenziale per la decarbonizzazione.

Nel paragrafo 1.2, si passa dunque ad illustrare la metodologia e l'impostazione seguita nel lavoro.

1.2 Le ipotesi e gli strumenti di analisi

La decarbonizzazione dell'economia richiede una radicale trasformazione del sistema energetico e un rilevante cambiamento dei modi di produrre, spostarsi, abitare. Conseguentemente, è caratterizzata da molteplici fattori e incertezze che rendono difficile individuare un'evoluzione univoca in orizzonti temporali di medio-lungo termine. Il ricorso ad analisi di scenario -per quanto basate su ipotesi macroeconomiche e tecnologiche con margini di incertezze tanto più ampi quanto più in là proiettate nel tempo - permette al decision maker di orientarsi attraverso questa estrema complessità.

Sulla base di valutazioni svolte con diverse analisi di scenario, questa Strategia individua i possibili percorsi per raggiungere, nel nostro Paese, al 2050, una condizione di "neutralità climatica", cioè un saldo netto pari a zero tra emissioni e assorbimenti di gas a effetto serra, eventualmente integrati da forme di stoccaggio geologico e riutilizzo della CO₂ (CCS-CCU).

In tale prospettiva, come primo passo, è stato necessario fare delle assunzioni per definire il quadro entro cui si muoverà il sistema economico-energetico nazionale nei prossimi trenta anni. In proposito, si precisa che le ipotesi macroeconomiche adottate non tengono conto degli effetti derivanti dall'emergenza sanitaria del virus SARS-CoV-2, che potranno essere considerati nella prima occasione utile per la revisione della Strategia.

Nel dettaglio, queste assunzioni possono essere sintetizzate in cinque punti:

- 1. Le variabili demografiche, produttive e dei prezzi di combustibili e CO₂ prese a riferimento sono quelle delle più recenti previsioni ufficiali. In particolare, le loro dinamiche, rappresentate nelle prossime tre Tabelle, scontano:
 - una graduale flessione della popolazione italiana che, al 2050, scenderebbe sotto quota 60 milioni, mentre, le famiglie⁹, riducendosi il numero di componenti per nucleo, registrerebbero un lieve aumento¹⁰: questi profili sono il principale driver delle domande di servizio energetico del settore residenziale, nonché della domanda di prodotti agrozootecnici e del trasporto passeggeri (Tabella 1.2.1);

Tabella 1.2.1 – Evoluzione della popolazione e del numero di componenti per nucleo

	2015	2016	2017	2020	2025	2030	2040	2050
Popolazione (M_ab)	60,8	60,7	60,6	60,5	60,3	60,2	59,8	58,8
Numero famiglie (M_fam)	25,9	25,8	26,0	26,2	26,4	26,5	26,5	26,6

Fonte: elaborazione su dati JRC – CE

 una crescita del PIL, a livello aggregato nazionale, a un tasso medio annuo dell'0,70% nel periodo di proiezione 2018-2050¹¹ (Tabella 1.2.2);

⁹ Il numero di famiglie deriva dal rapporto tra la popolazione totale di un paese e gli abitanti corrispondenti per famiglia. Una ipotesi importante che viene fatta è quella di associare ad ogni famiglia una abitazione.

Negli ultimi anni si è ridotto anche il numero di componenti medi per famiglia, per cui fino al 2017 sono stati aggiornati i dati secondo la statistica ufficiale. Per la futura evoluzione del numero di famiglie, si presume che la tendenza alla riduzione delle dimensioni delle famiglie osservata continui, raggiungendo una media di 2,2 abitanti per famiglia nel 2050. Ciò si traduce in un aumento del numero di famiglie nel periodo di proiezione 2018-50, nonostante la decrescita della popolazione.

¹⁰ Le variabili demografiche storiche sono tratte dai dati più recenti ISTAT, mentre l'evoluzione delle variabili demografiche è legato alle proiezioni Eurostat "Population on 1 January by age and sex (code: demo_pjan). Last update of data: 2017-01-13" utilizzati nel Central Scenario del JRC-CE.

¹¹ Per le proiezioni di crescita del PIL si fa riferimento alle ipotesi alla base del Central Scenario POTEnCIA del JRC. I dati storici, basati sui conti nazionali di Eurostat, sono integrati dalle statistiche strutturali sulle imprese al fine di ottenere livelli più elevati di disaggregazione. Le proiezioni a breve termine (2017-19) per il PIL, il Valore Aggiunto Settoriale e le spese per consumi privati sono desunte dalle previsioni pubblicate nella banca dati della DG ECFIN AMECO (versione primavera 2018). Le proiezioni del PIL dal 2020 in poi si basano sulle ipotesi di crescita del PIL pro capite del "2018 Ageing Report" (EPC e DG ECFIN)

Tabella 1.2.2 - Evoluzione dei fattori driver italiani in linea con i dati dello scenario "EUref2016"

Tassi di crescita medi annui %	18-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
PIL	1.05	0.69	0.38	0.29	0.43	0.85	1.20
V.A. Agriculture	-0.89	0.28	0.29	0.25	0.39	0.79	1.11
V.A. Services	0.49	0.72	0.40	0.30	0.44	0.88	1.24
V.A. Industry	0.97	0.64	0.31	0.23	0.34	0.70	0.97

Fonte: elaborazione su dati JRC – CE

• i prezzi internazionali dei principali combustibili fossili sono stimati al rialzo¹², cosi come la quotazione della CO₂ collegata al sistema EU-ETS che, al 2050, supererebbe i 90€/ton: in questo caso, l'effetto maggiore è quello di accelerare gli interventi di efficientamento, a cominciare da quelli delle imprese (Tabelle 1.2.3 e 1.2.4).

Tabella 1.2.3 - Evoluzione del prezzo delle commodity energetiche

International Fuel prices (€'10 per boe)	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2025	2030	2050
Oil	35,9	46,5	59,9	43,3	36,9	75,0	85,1	93,8	108,4
Gas (NCV)	25,1	31,1	37,8	36,7	23,4	48,3	52,2	56,8	65,0
Coal	9,9	13,2	16,0	10,9	11,6	14,3	17,1	20,5	24,1

Fonte: EU Reference Scenario 2016

Tabella 1.2.4 - Evoluzione attesa del prezzo della CO₂ nel settore ETS

	2017	2020	2025	2030	2040	2050
ETS (€2016/tCO ₂)	7	15,5	23,3	34,7	51,7	91,0

Fonte: EU Reference Scenario 2016

- 2. Per poter procedere alla definizione di scenari al 2050 servono ulteriori ipotesi specifiche per i diversi settori:
 - questo vale in particolare nei settori Agricoltura e LULUCF (si vedano paragrafi 3.4 e 3.5), ma
 anche, ad esempio, nell'industria, dove è necessario proiettare le produzioni fisiche di alcuni
 materiali a partire dai tassi di crescita medi annui del valore aggiunto, oppure, nel settore dei
 trasporti dove occorre tracciare l'evoluzione della richiesta di mobilità passeggeri e merci. Tali
 ulteriori ipotesi discendono, in generale, dai driver fin qui descritti e sono analizzate nel dettaglio
 nei paragrafi specifici per ogni settore.

¹² Le proiezioni di prezzo delle commodity energetiche sui mercati internazionali dello scenario di riferimento EU 2016 sono il risultato di simulazioni effettuate col modello di equilibrio parziale del sistema energetico globale PROMETHEUS; L'evoluzione dei prezzi internazionali del carburante utilizzati come input esogeni è tratta dallo scenario di riferimento dell'UE 2016 (Commissione europea, 2016) con alcuni aggiornamenti per tenere conto dell'evoluzione osservata negli ultimi anni.

- 3. Vengono raggiunti gli obiettivi del PNIEC al 2030, nonché quelli definiti dalle norme di settore su agricoltura e LULUCF, con l'effettiva implementazione delle decisioni in campo energetico ed ambientale:
 - pertanto, sono incorporati passaggi chiave come l'uscita dal carbone, l'istallazione di una cospicua capacità da fonti rinnovabili, la realizzazione dei conseguenti interventi su reti/infrastrutture¹³.
- 4. Gli effetti dei cambiamenti climatici da tenere in conto nell'arco previsivo sono quelli dello scenario "centrale" (RCP4.5) dell'ultimo Report ufficiale dell'IPCC, nel quale le principali economie mondiali, in linea con gli impegni presi con l'Accordo di Parigi, mettono in campo misure significative per il controllo delle emissioni. Ciononostante, debbono comunque essere incorporati effetti in termini di variazione di temperatura e di siccità che impattano almeno:
 - sulla domanda di riscaldamento (riducendola) e raffrescamento (aumentandola), seppure con importanti differenze a livello territoriale;
 - sulle emissioni connesse allo stoccaggio delle deiezioni animali (aumentandole);
 - sulla resa delle diverse colture (alcune risultano poco toccate, altre possono contrarsi in maniera significativa);
 - sulla frequenza potenziale degli incendi (nelle aree del centro-sud, il rischio cresce di molto).

Attesa la loro complessa articolazione, questi impatti sono discussi e dettagliati nel Focus riportato alla fine di questo capitolo.

5. Si incorporano sviluppo, diffusione e accessibilità di un articolato set di tecnologie innovative per la decarbonizzazione che impattano su tutti i comparti (al riguardo si veda l'Allegato 2).

A partire da queste assunzioni, sono stati tracciati due scenari di lungo periodo che ritroveremo in dettaglio nei capitoli 2 e 3 della presente Strategia:

- **lo Scenario di riferimento,** ottenuto trascinando al 2050 le tendenze energetiche e ambientali virtuose innescate dal PNIEC. Tale Scenario viene considerato un benchmark per quantificare e qualificare lo sforzo da compiere per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica;
- **lo Scenario di decarbonizzazione,** elaborato per chiudere il gap emissivo emerso dallo Scenario di riferimento. Questo Scenario presenta una «forchetta» di valori che riflette alcune analisi effettuate per cogliere l'impatto di una quasi completa uscita dai fossili, a sua volta funzione della disponibilità/realizzabilità di alcune opzioni tecnologiche e della disponibilità di risorse rinnovabili sul territorio nazionale. In particolare, la «forchetta» copre le ipotesi che:
 - si continui a far ricorso a combustibili fossili in determinate produzioni industriali (carbone per l'acciaio e petrolio nel petrolchimico) ovvero il settore siderurgico sia basato esclusivamente su idrogeno da FER e il gas sostituisca i prodotti petroliferi nella produzione di cemento;
 - permanga una quota di gas (seppure limitata) nella generazione elettrica ovvero si arrivi al 100% di rinnovabili, in funzione di ipotesi diverse di potenziali di fotovoltaico.

Nello Scenario di decarbonizzazione, per arrivare ad un punto di zero-emissioni-nette, le "leve" impiegabili, tra loro strettamente correlate (Figura 1.2.1), descritte nel dettaglio settoriale nei prossimi paragrafi, possono essere ricondotte a tre macro-categorie:

¹³ In proposito va rilevato che nell'ambito della definizione della strategia si è privilegiata l'adozione di un set di variabili guida esogene "aggiornate" seconde le informazioni disponibili al 2019 e che di conseguenza differiscono da quelle utilizzate per il PNIEC. Il differente set di variabili esogene risulta avere un effetto visibile ma relativamente contenuto che non impatta significativamente lo sviluppo necessario delle infrastrutture e l'assetto della produzione energetica e evidenzia comunque il raggiungimento dei medesimi obiettivi. Il primo aggiornamento del PNIEC, da proporre alla Commissione europea entro il 30 giugno 2023, costituirà occasione per un più compiuto allineamento tra i due strumenti di pianificazione

- riduzione spinta della domanda di energie connessa in particolare ad un calo dei consumi per la mobilità privata e nel settore civile;
- un cambio radicale nel mix energetico a favore di una penetrazione massiva delle rinnovabili, coniugato ad una profonda elettrificazione degli usi finali e impiego di combustibili alternativi (idrogeno/e-fuels);
- incremento degli assorbimenti di CO₂, eventualmente integrato da forme di cattura e stoccaggio di CO₂.

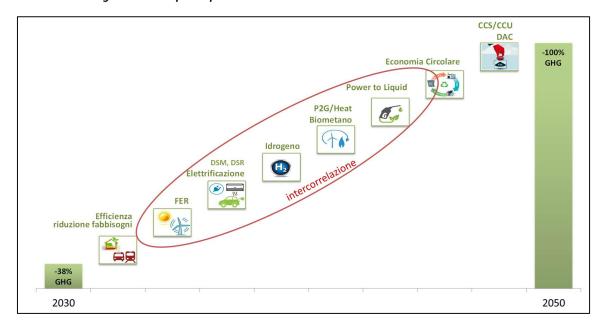


Figura 1.2.1 – Opzioni per la decarbonizzazione del sistema economico nazionale

Fonte: RSE

È tuttavia bene ribadire che l'orizzonte temporale esteso e il *target* ambizioso suggeriscono di leggere i risultati come indicazioni sulle condizioni di fondo (non sempre agevolmente realizzabili) che tendenzialmente devono essere rispettate per arrivare alla neutralità climatica. Questo vale innanzitutto per l'accessibilità, anche in termini di costi, delle diverse tecnologie cui si ipotizza di fare ricorso.

Ciò premesso, di seguito, si fornisce un quadro d'insieme del punto di caduta emissivo che ci si può attendere al 2050, distinguendo il contributo di riduzione delle emissioni di ciascun settore e il peso che possono avere gli assorbimenti.

1.3 Proiezioni relative alle riduzioni delle emissioni e all'aumento degli assorbimenti entro il 2050

Sulla base dell'ultimo Inventario nazionale delle emissioni¹⁴ elaborato da ISPRA, tra il 1990 e il 2018 le emissioni di gas a effetto serra si sono ridotte di circa il 17%, passando da 516 a 428 Mton CO₂ eq. Aggiungendo gli assorbimenti netti del settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura) l'ammontare delle emissioni scende a circa 390 Mton CO₂ eq: tale valore rappresenta dunque lo sforzo complessivo da compiere per raggiungere una piena decarbonizzazione al 2050 (per il dettaglio settoriale si veda la Figura 1.3.1).

¹⁴ http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report-2018/view

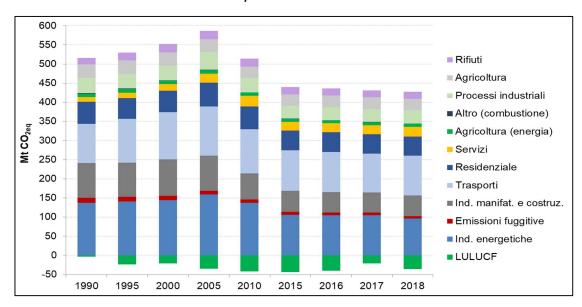


Figura 1.3.1 – Quadro sintetico del peso di ciascun settore in termini di emissioni di gas serra (Mton CO₂eq) nel periodo 1990-2018

Fonte: ISPRA

Partendo da questo dato storico, e seguendo lo schema descritto nel paragrafo 1.2, è stato dunque tracciato lo Scenario di riferimento, nell'ambito del quale si sono confermate ed estese al 2050 le dinamiche energetico-ambientali del PNIEC. In proposito, la Figura 1.3.2 disegna un 2050 caratterizzato da un livello di emissioni residuo di circa 220 Mton CO₂ eq.

A livello macro-settoriale, nel ventennio 2030-2050, il calo emissivo più marcato si registra negli "usi energetici" rispetto a quelli "non energetici", in particolare con:

- una flessione intensa: i) nelle industrie energetiche (connessa alla crescita delle rinnovabili, alla
 maggiore efficienza della conversione termoelettrica e all'utilizzo del gas naturale che sostituisce
 combustibili a più elevato contenuto di carbonio); ii) nelle "altre" industrie (determinata
 prevalentemente da un efficientamento dalle attività di combustione e meno dai processi); iii) nel
 residenziale/commerciale (con la progressiva riqualificazione degli edifici e diffusione delle pompe di
 calore); iv) nel settore dei rifiuti;
- una riduzione significativa ma relativamente meno importante anche nei trasporti che diventano il
 primo settore per emissioni in termini assoluti (il calo è in questo caso connesso ad una relativa
 contrazione della domanda di trasporto per le auto, alla diffusione dei biocombustibili, soprattutto
 biometano, e all'incremento di veicoli elettrici);
- una evidente difficoltà a comprimere le emissioni del settore agricolo.

Considerando gli assorbimenti del settore forestale (LULUCF), il divario rispetto alla neutralità climatica si riduce fino a circa 190 - 200 Mton CO₂ eq.

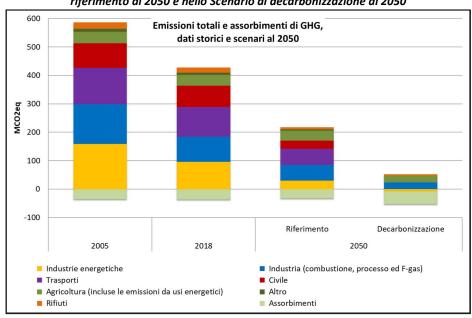


Figura 1.3.2 – Emissioni totali e assorbimenti di gas serra nei dati storici, nello scenario PNIEC, nello Scenario di riferimento al 2050 e nello Scenario di decarbonizzazione al 2050

Fonte: ISPRA

Partendo da questo livello, è stato dunque elaborato lo Scenario di decarbonizzazione come strumento di supporto per delineare combinazioni, sinergie e criticità delle potenziali leve attivabili per raggiungere una condizione di neutralità climatica. Emergono alcune indicazioni di fondo sulle dinamiche emissive che saranno poi dettagliate nei prossimi paragrafi:

- la generazione elettrica ha il potenziale (a date condizioni) per annullare o quasi le proprie emissioni, a seconda che si conservi o meno una quota residua di gas complementare alle rinnovabili;
- gli altri comparti produttivi possono ancora ridurre le emissioni derivanti da attività di combustione, ma emergono difficoltà su quelle derivanti da "processi" industriali;
- trasporti e civile, combinando efficienza, elettrificazione e utilizzo di combustibili di origine "bio" (incluso idrogeno prodotto da rinnovabili) possono azzerare le loro emissioni;
- l'agricoltura ha uno "zoccolo emissivo" difficilmente comprimibile, anche considerato che alcune
 produzioni essenziali appaiono complesse da modificare stante la tecnologia e le conoscenze attuali:
 va inoltre considerato che quello agricolo è un settore multifunzionale che ha un ruolo primario per
 l'autosufficienza alimentare, la gestione e il mantenimento del territorio per evitare i dissesti
 idrogeologici, il mantenimento del paesaggio, il valore positivo sul sequestro di carbonio e per il
 mantenimento degli ecosistemi.

Queste dinamiche di riduzione, per quanto spinte, lasciano una quantità di emissioni da compensare di circa 65-85 Mton CO₂ eq. In tale prospettiva:

- va innanzitutto considerata la capacità di assorbimento del comparto LULUCF che, con adeguate politiche di contrasto agli incendi e di gestione sostenibile del suolo, può essere riportata al massimo storico (pari a 45 Mton CO₂ eq);
- per chiudere il restante divario di circa 20-40 Mton CO₂ eq, si può ricorrere a forme di cattura e stoccaggio della CO₂, tecnologia applicabile alle grandi industrie (siderurgico e cemento) e al settore della generazione elettrica: quest'ultimo può arrivare ad avere emissioni negative se la cattura è applicata ad impianti alimentati da fonti "bio" (biometano, biomasse solide);
- in alternativa, anche parziale, alla CCS, si possono ipotizzare cambiamenti "di rottura" nelle tecnologie (ove emergano nuove soluzioni), nelle abitudini dei cittadini, e nei modi di produzione, impattando direttamente quei segmenti dove le emissioni sono più difficili da abbattere (si pensi, ad

esempio, ad una modifica della dieta alimentare che interesserebbe il settore agricolo, oppure, ad applicazioni avanzate che consentono l'eliminazione degli F-gas, altamente climalteranti).

La precedente Figura 1.3.2. fornisce una idea del punto di caduta raggiungibile a livello settoriale riducendo al massimo le emissioni (includendo quindi anche l'impiego di CCS): a conti fatti, si può scendere a circa 40-50 Mton CO₂ eq grossomodo equivalenti alla capacità massima ipotizzata degli assordimenti del comparto LULUCF, consentendo la neutralità climatica.

Questo stesso dato può essere rappresentato distinguendo tra settori coperti dal Sistema EU-ETS¹⁵ e tutti gli altri settori non-ETS¹⁶. Dalla Figura 1.3.3, emerge come le emissioni da compensare derivino da questi ultimi settori ed in particolare dai processi industriali/F-gas e dal comparto agricolo.

400 Emissioni di GHG soggette ad ESR, dati storici, scenario PNIEC al 2030 e scenari al 2050 350 300 250 MtC02eq 200 150 100 50 0 **PNIEC** Riferimento Decarbonizzazione 2005 2018 2030 2050 Industria (incl. processo e F-gas) Civile Agricoltura: usi energetici Rifiuti Agricoltura: allevamenti/coltivazioni Obiettivo -33% al 2030

Figura 1.3.3 – Emissioni di gas serra nei settori non-ETS nei dati storici, nello scenario PNIEC, nello Scenario di riferimento al 2050 e nello Scenario di decarbonizzazione al 2050

Fonte: ISPRA

¹⁵ Settore termoelettrico, raffinerie, industria metallurgica, industria petrolchimica e chimica, manifatturiera (cemento, calce, ceramica e laterizi, carta, ecc.), impianti di combustione con potenza > 20MW

¹⁶ Settore industriale non soggetto alla direttiva ETS, il settore trasporti, agricoltura, rifiuti e civile (edifici).

FOCUS: Gli scenari climatici

Per l'elaborazione degli scenari climatici sono state prese come riferimento le proiezioni del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC¹⁷ note come RCP (*Representative Concentration Pathways* – Percorsi Rappresentativi di Concentrazione), in quanto espresse in termini di concentrazioni di gas serra piuttosto che in termini di livelli di emissioni¹⁸.

I risultati prodotti da tali scenari climatici si basano su delle ipotesi dell'evoluzione della concentrazione di gas serra in atmosfera che dipendono dalle politiche di mitigazione adottate a livello globale e della loro relativa attuazione.

In particolare, gli scenari IPCC, adottati per effettuare le simulazioni climatiche ad alta risoluzione¹⁹, sono i seguenti:

- RCP8.5 ("Business-as-usual") crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO₂ triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm).
- RCP6.0 ("Poca mitigazione") e RCP4.5 ("Forte mitigazione") assumono la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le concentrazioni di CO₂ scendono al di sotto dei livelli attuali (400 ppm) e si stabilizzano, entro la fine del secolo, a quasi il doppio dei livelli pre-industriali. In RCP6.0, le emissioni di CO₂ impiegano più tempo a stabilizzarsi e sono circa il 25% superiori rispetto ai valori di RCP4.5.
- RCP2.6 ("Mitigazione aggressiva") emissioni dimezzate entro il 2050. Assume strategie di mitigazione 'aggressive' per cui le emissioni di gas serra si avvicinano allo zero più o meno in 60 anni a partire da oggi. Sulla base di questo scenario è improbabile che si superino i 2°C di aumento della temperatura media globale rispetto ai livelli pre-industriali.

Nel presente Focus sono state effettuate proiezioni climatiche derivanti dallo scenario RCP4.5 (Scenario centrale) e dallo scenario RCP8.5 (Scenario pessimistico). Alla luce dei risultati ottenuti, considerato che, al 2050, i due scenari climatici non presentano differenze di rilievo, per la elaborazione degli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione della presente Strategia è stato preso in considerazione solo lo scenario RCP4.5. Tale scelta è coerente anche con l'assunto che il percorso di decarbonizzazione sia effettivamente condiviso a livello internazionale.

Al fine di valutare l'impatto dello scenario climatico nelle proiezioni della Strategia, sono stati impiegati quattro ambiti distinti legati principalmente all'aumento della temperatura e della siccità (intesa come diminuzione della risorsa idrica).

In particolare, sono state considerate le variazioni di:

- a. domanda di riscaldamento e di raffrescamento nelle diverse fasce climatiche;
- **b.** emissioni connesse allo stoccaggio delle deiezioni animali per i diversi settori zootecnici;
- **c.** resa di determinate colture cerealicole;
- **d.** pericolosità degli incendi e stima delle aree bruciate (per il quale lo scenario climatico di riferimento è quello denominato A1B)²⁰.

¹⁷ "Cambiamenti climatici: Interventi, tendenze e implicazioni per le attività economiche - Il Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, Working Group 1"

¹⁸ Il numero associato a ciascun RCP indica il Forzante Radiativo (*Radiative Forcing* - RF) espresso in unità di watt per metro quadrato (W/m²) ed indica la forza dei cambiamenti climatici antropogenici entro il 2100 rispetto al periodo pre-industriale. Ogni scenario implica una diversa entità di cambiamento climatico prodotto dalle attività umane: ad esempio, ciascun RCP mostra una diversa quantità di calore addizionale immagazzinato nel sistema Terra quale risultato delle emissioni di gas serra

¹⁹ Maggior informazioni sul report in versione italiana "CAMBIAMENTI CLIMATICI: INTERVENTI, TENDENZE E IMPLICAZIONI PER LE ATTIVITÀ ECONOMICHE. Il Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, Working Group 1." Al seguente link: https://www.clima2014.it/doc/IPCC_WG1_AR5_report.pdf.

²⁰ **Lo scenario A1B** è uno tra gli scenari di emissione di gas serra pubblicati nel 2000 dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In tale lavoro sono state prese in considerazione diverse famiglie di scenari di sviluppo economico (indicati per convenzione A1, A2, B1 e B2). La famiglia di scenari A1 descrive un mondo futuro di crescita economica molto rapida, la popolazione mondiale ha

a. Variazioni della domanda di riscaldamento/raffrescamento nelle diverse fasce climatiche

L'aumento della temperatura media globale per effetto dei cambiamenti climatici di natura antropogenica determina la necessità di variare la normale richiesta di energia sia per quanto attiene il raffrescamento che il riscaldamento. In particolare, scopo di questa analisi è mostrare come le nuove condizioni climatiche determinino una ridotta esigenza di energia necessaria per il riscaldamento degli ambienti e un incremento della richiesta di energia per il loro raffrescamento. L'entità di questi cambiamenti potrà variare per le diverse regioni e nelle differenti stagioni.

Sono state valutate, dunque, le possibili variazioni future dei gradi giorno di riscaldamento (HDD, *Heating Degree Days*) e di raffrescamento (CDD, *Cooling Degree Days*) utilizzando rispettivamente le definizioni di EUROSTAT²¹ e del *Joint Research Center* (JRC)²².

Nello specifico, i gradi giorno di riscaldamento (HDD) ed i gradi giorno di raffrescamento (CDD) sono stati calcolati come lo scarto cumulato tra temperature esterne ed interne di riferimento sotto determinate assunzioni²³. Si evince quindi che gli indicatori HDD e CDD esprimono, rispettivamente, la dipendenza dalla temperatura esterna della domanda di riscaldamento e di raffrescamento.

Come anticipato, le variazioni degli indici HDD e CDD sono state calcolate per due diversi scenari climatici, RCP4.5 e RCP8.5, a partire dai dati simulati dei modelli climatici regionali disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX alla più alta risoluzione orizzontale (12 km) valutando il valore medio (*ensemble mean*) delle proiezioni climatiche rispetto ai due scenari considerati. Maggiori informazioni riguardo l'iniziativa EURO-CORDEX sono disponibili al seguente link http://www.euro-cordex.net.

Le due evidenze che seguono mostrano, rispettivamente le variazioni attese dell'indice HDD e CDD, fino al 2050.

 Dall'analisi delle proiezioni climatiche annuali dei gradi giorno di riscaldamento (Figura 1), lo scenario RCP8.5 implica una maggiore variazione in termini di HDD, con conseguente risparmio di energia per il riscaldamento, rispetto allo scenario RCP4.5. In particolare, nelle zone montane le variazioni di HDD sono marcate in entrambi gli scenari, mentre per le aree pianeggianti e costiere il risparmio appare contenuto nello scenario RCP4.5.

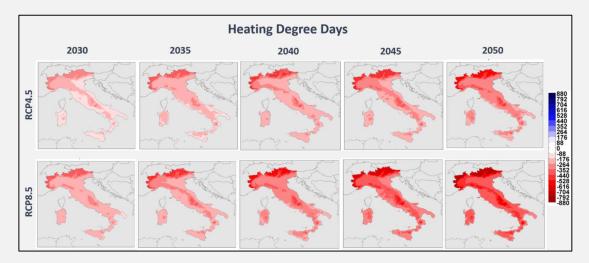
Figura 1: Mappa delle variazioni dell'indice HDD sui trentenni futuri di interesse (ensemble mean EURO-CORDEX, RCP4.5 e RCP8.5)

un massimo a metà secolo per poi declinare, e vi è la rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficienti. All'interno della famiglia degli scenari A1 si distinguono ulteriori tre gruppi che descrivono direzioni alternative nei cambiamenti tecnologici del sistema energetico: fossile intensivo (A1FI), risorse di energia non fossile (A1T) o un bilancio di tutte le risorse (A1B). Il cambiamento climatico previsto sulla base degli scenari RCP è simile a quello previsto dal rapporto pubblicato nel 2000 sebbene questi secondi siano scenari di emissione mentre gli scenari RCP sono definiti come percorsi di concentrazione. Lo scenario A1B ha approssimativamente una concentrazione di CO₂ equivalente al 2100 di circa 850 ppm, ovvero tra 650 ppm il valore ipotizzato per RCP4.5 e circa 1350 che è quanto previsto per RCP8.5. Per un confronto più dettagliato tra le due tipologie di scenario si veda: https://science2017.globalchange.gov/downloads/CSSR_Ch4_Climate_Models_Scenarios_Projections.pdf

²¹ disponibile al link http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg esdgr esms.htm

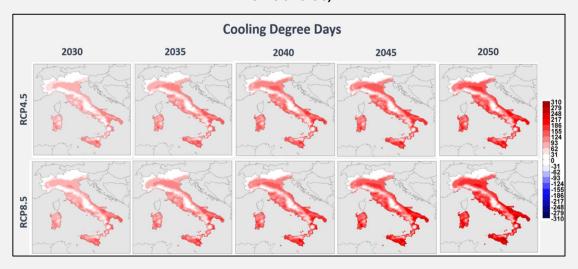
²² https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104149

²³ I gradi giorno di riscaldamento (HDD) sono stati calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media inferiore o uguale ad una soglia pari a 15°C, delle differenze tra la temperatura media e la temperatura interna dell'ambiente da riscaldare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 18°C e; analogamente, i gradi giorno di raffrescamento (CDD) sono stati calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media superiore o uguale ad una soglia pari a 24°C, delle differenze tra la temperatura media e quella interna dell'ambiente da raffrescare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 21°C.



Nel caso dell'indice CDD le differenze tra i due scenari appaiono relativamente contenute. Gli effetti
maggiori si osservano nelle aree costiere, in particolare in Sardegna, Sicilia, Calabria Ionica e Puglia.
Viceversa, l'effetto nelle aree montane appare modesto anche in virtù del valore di soglia utilizzato
(24°C).

Figura 2: Mappa delle variazioni dell'indice CDD sui trentenni futuri di interesse (ensemble mean EURO-CORDEX, RCP4.5 e RCP8.5)



b. Variazioni delle emissioni connesse allo stoccaggio delle deiezioni animali per diversi settori zootecnici pesate su base provinciale

Per gli effetti sulle emissioni da stoccaggio delle deiezioni dovute ai cambiamenti climatici²⁴ si sono considerate, a livello provinciale, le variazioni future delle temperature e la numerosità dei capi allevati²⁵ per ciascun settore zootecnico²⁶.

²⁴ Utilizzando le proiezioni climatiche di temperature per Italia alla risoluzione orizzontale di circa 8 km, del modello climatico regionale COSMO-CLM forzato dal modello globale CMCC-CM²⁴, si sono definite proiezioni di temperatura sino al 2050. Si è preso in considerazione un periodo di riferimento sullo storico (baseline: 1976-2005) dei dati del modello climatico, quanto più allineato al periodo di riferimento per il presente già utilizzato da ISPRA per le stime di emissioni da allevamento. Le proiezioni climatiche future sono relative al 2050, intendendo il periodo 2036-2065.

²⁵ Dati provinciali sugli allevamenti tratti dall'Indagine sulle superfici e produzione agricole - SPA 2013

²⁶ Relativamente al calcolo delle temperature medie e delle sue variazioni si è utilizzato il calcolo di dati medi mensili di temperatura per provincia per zone altimetriche al di sotto dei 1000 metri slm. Tale calcolo viene utilizzato coerentemente alle presenti

Gli effetti, in termini di anomalie della temperatura, sono riportati in Tabella 1 (i.e. differenza tra futuro e presente).

Tabella 1 - Proiezioni dell'anomalia delle temperature medie pesate per la distribuzione delle specifiche forme di allevamento.

	_	
	Anomo	alia T - °C
	2030	6-2065
	(baseline:	1976-2005)
	RCP4.5	RCP8.5
Altri bovini	2.22	2.65
Vacche da latte	2.23	2.66
Bufalini	2.08	2.51
Altri suini	2.26	2.68
Altri suini	2.26	2.69
Scrofe	2.24	2.67
Ovini	2.12	2.57
Caprini	2.12	2.58
Cavalli	2.19	2.62
Altri equini	2.16	2.58
Broilers	2.18	2.63
Ovaiole	2.17	2.64
Altri avicoli	2.20	2.62
Conigli	2.21	2.64
Animali da pelliccia	2.21	2.64

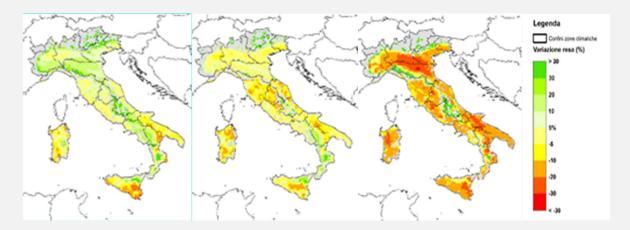
c. Variazioni della resa di determinate colture cerealicole

Il Mediterraneo è stato identificato come uno dei principali hotspot dei cambiamenti climatici, annoverando forti impatti negativi previsti sulla crescita della biomassa vegetativa e sulla resa di varie colture agricole, con particolare riferimento al settore cerealicolo (ad es. grano e mais). Gli effetti sono da considerare anche in termini di sicurezza alimentare e per l'economia Italiana²⁷.

La figura seguente riporta le anomalie (%) di resa previste per frumento duro (carta di sinistra), frumento tenero (carta di centro) e mais (carta di destra) in Italia per il 2050 (media del trentennio 2036-2065) con lo scenario RCP 4.5.

metodologie di stima delle emissioni di metano dagli allevamenti e calcolate sulla base di dati medi mensili di stazioni meteorologiche al di sotto dei 1000 m²6, aggregabili a determinare un dato medio di temperatura per provincia.

²⁷ I modelli colturali *CSM-CERES-Wheat* e *CSM-CERES-Maize*, implementati nel pacchetto software DSSAT, sono stati parametrizzati per specifiche varietà di grano e mais utilizzando dati sperimentali disponibili a livello italiano e quindi utilizzati con proiezioni di cambiamento climatico per valutarne l'impatto sulla fenologia e sulla resa di queste colture. Le simulazioni degli impatti dei cambiamenti climatici sono state effettuate utilizzando una piattaforma digitale che abbina in modo dinamico informazioni pedologiche e di gestione agronomica e proiezioni climatiche ad alta risoluzione, per poter rappresentare al meglio la complessità del paesaggio italiano in termini di clima, suolo e gestione colturale nelle diverse aree. Le simulazioni di resa sono state effettuate utilizzando dati di proiezione climatica ottenuti con il modello climatico regionale COSMO-CLM alla risoluzione orizzontale di circa 8 km² forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale di circa 80 km) per ottenere le proiezioni di resa fino a fine secolo. Le simulazioni climatiche sono state eseguite adottando la configurazione ottimizzata dalla Fondazione CMCC, che ha mostrato una buona capacità di rappresentare gli indicatori climatici sull'Italia sia in termini di valori medi che estremi. Le proiezioni sono ottenute considerando i due scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5



I risultati mostrano come:

- per la produzione di frumento duro le aree più vulnerabili al 2050 sono quelle del sud Italia, ossia quelle tradizionalmente vocate per questa coltivazione, mentre in altre sono previsti anche lievi incrementi di resa. Quest'ultimo effetto risulta dovuto principalmente all'aumento di concentrazione di CO₂, fatto che potrebbe favorire un'espansione della coltivazione in nuovi areali;
- per il frumento tenero si registrano riduzioni di resa moderate (entro il 10%) nel centro e sud Italia;
- per il mais sono attese riduzioni in tutto il territorio e soprattutto nella pianura padana e in alcune
 zone del sud Italia. Il mais in quest'analisi è stato simulato in irriguo quindi non presenta limitazioni
 dal punto di vista della disponibilità idrica ma solo della temperatura. A tale impatto dovrà peraltro
 necessariamente associarsi la riduzione della disponibilità idrica attesa per le prossime decadi
 soprattutto nelle zone del sud Italia.

Tali impatti sono risultati più accentuati con lo scenario RCP8.5 e per le proiezioni di fine secolo.

La tabella seguente riporta i valori di resa media per il periodo di riferimento 1981-2010 e le anomalie attese per il 2050 (2036-2065) ottenuti con modelli di processo per la simulazione della resa colturale *CSM-CERES-Wheat* e *CSM-CERES-Maize*, implementati nel pacchetto software DSSAT.

	Resa media (T ha-1) 1981-2010	Variazione resa (%) al 2050 (2036-2065) - RCP4.5	Variazione resa (%) al 2050 (2036-2065) - RCP8.5
Frumento duro	4.9	0.8	3.8
Frumento tenero	4.5	-7.3	-6.3
Mais	10.4	-16.3	-17.6

Differenze nei valori delle rese storiche rispetto alle statistiche ISTAT sono attribuibili ai diversi periodi temporali considerati e alla produttività specifica delle varietà di grano e mais usate nelle simulazioni. Inoltre, il database *MapSPAM*²⁸ non discrimina tra le superfici a grano tenero e grano duro ma considera solo la specie frumento nel suo complesso, di conseguenza anche questo aspetto può modificare il valore mediato della resa nazionale.

d. Variazioni della pericolosità degli incendi e stima delle aree bruciate

Il regime degli incendi è influenzato da un sostanziale aumento delle temperature e delle condizioni di siccità legate ai cambiamenti climatici²⁹. Inoltre, la combinazione di cambiamenti climatici e abbandono delle aree

²⁸ You L, Wood S, Wood-Sichra U, et al. (2014): Generating global crop distribution maps: From census to grid. Agric Syst. 127: 53–60. 10.1016/j.agsy.2014.01.002

²⁹Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., Soussana, J.-F. (2014). Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326

rurali e forestali, se non affrontata correttamente, potrà esacerbare la problematica e provocare eventi sempre più intensi e significativi, in grado di determinare ingenti perdite economiche, ambientali e sociali³⁰. È pertanto necessario identificare gli impatti sul regime degli incendi dovuti ai cambiamenti climatici, così da verificare ed elaborare le strategie e le politiche più efficaci per farne fronte³¹.

La Tabella 2 riporta i valori di area bruciata media per il periodo di controllo 1981-2010 e le anomalie attese per il 2050 (2036-2065) per 6 macroregioni. I risultati pongono l'accento su un consistente aumento della media annuale dell'area bruciata fra i periodi futuri e il periodo di controllo 1981-2010, dal 6% al 228%. Le differenze maggiori si rilevano per la Sardegna, seguita dal Centro Italia e dalla Sicilia.

Tabella 2: Valori di area bruciata media per il periodo di controllo 1981-2010 e le anomalie attese per il 2050 per le sei macroregioni

Macroregione	Area bruciata media (1981-2010)	Variazione area bruciata (%) al 2050 (2036-2065)		
Sardegna	40,269.6	227.8%		
Sicilia	14,033.0	153.9%		
Sud Italia	37,741.7	221.9%		
Centro Italia	15,322.4	145.4%		
Nord Est	2,376.6	6.3%		
Nord Ovest	11,694.9	37.2%		

Santini, M, Collalti, A, Valentini, R. (2014) Climate change impacts on vegetation and water cycle in the Euro-Mediterranean region, studied by a likelihood approach. Reg Environ Chang 14:1405–1418. doi: 10.1007/s10113-013-0582-8

Turco, M, Bedia, J, Di Liberto, F, Fiorucci, P, von Hardenberg, J, Koutsias, N, et al. (2016) Decreasing Fires in Mediterranean Europe. PLoS ONE 11(3): e0150663. doi: 10.1371/journal.pone.0150663

³⁰ Salis, M., Laconi, M., Ager, A.A., Alcasena, F.J., Arca, B., Lozano, O., Fernandes de Oliveira, A., Spano, D. (2016). Evaluating alternative fuel treatment strategies to reduce wildfire losses in a Mediterranean area. Forest Ecology and Management, 368: 207–221, DOI: 10.1016/j.foreco.2016.03.009

³¹ L'analisi di regressione lineare multipla (MLR) è stata applicata per correlare gli indici di pericolosità di incendio (fire weather indices) con l'area bruciata per il periodo storico 1985-2008, permettendo poi di calcolare le anomalie attese di area bruciata per il 2050 (2036-2065) in 6 macroregioni geografiche italiane. La pericolosità degli incendi è stata calcolata attraverso il sistema Canadese CFWIS, composto da 6 sottocodici che forniscono la classificazione del pericolo grazie alla stima dell'umidità del combustibile e del comportamento potenziale dell'incendio. Gli indici del sistema CFWIS sono stati calcolati su base giornaliera a partire da variabili meteorologiche (temperatura, vento, umidità relativa, precipitazioni) relative al clima attuale e allo scenario climatico. Per il calcolo della pericolosità degli incendi con il clima attuale (1985-2008), i dati meteorologici sono stati ottenuti dal dataset MARS, che deriva dall'interpolazione (25x25 km) di dati meteorologici ed è stato sviluppato dell'ambito del progetto "Monitoring of Agriculture with Remote Sensing" (MARS) del JRC. Il dato relativo all'area bruciata nazionale è stato ottenuto dal Joint Research Center (JRC) per il periodo 1985-2008. L'analisi preliminare del database ha rivelato una lacuna di dati per la Regione Sardegna, dal 1985 al 1997. Pertanto, per questa regione e per tutto il periodo di studio è stato utilizzato il dato fornito dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna. Il database finale comprende un totale di circa 26,000 km² di area bruciata, che corrispondono all' 8.6% del territorio. Gli indici del sistema CFWIS calcolati a partire dai dati MARS sono stati utilizzati quindi per costruire modelli empirici di area bruciata (1985-2008) [nei periodi che vanno da maggio a settembre per le macroaree con stagionalità prevalentemente estiva, e da gennaio ad aprile per quelle con stagionalità prevalentemente invernale-primaverile] attraverso l'analisi di regressione lineare multipla (MLR), uno dei metodi più comuni per analizzare le relazioni fra area bruciata e parametri meteorologici degli incendi. I dati relativi al periodo 1985-1999 sono stati utilizzati come dataset di calibrazione del modello, mentre il periodo 2000-2008 è stato usato come dataset di validazione. Per il calcolo della pericolosità degli incendi con il clima futuro sono stati invece utilizzati i dati derivanti dal modello COSMO-CLM (risoluzione a 14 km), generati attraverso downscaling dinamico a partire dal modello globale CMCC-MED. Il modello COSMO-CLM è stato fatto correre con lo scenario di cambiamento climatico A1B (Scenario intermedio tra RCP4.5 e RCP8.5) per il periodo dal 1981-2070. I dati di pericolosità derivanti dal modello COSMO-CLM sono stati inoltre bias corretti (periodo di controllo 1981-2010 e il periodo futuro 2050 (2036-2065)) attraverso il metodo unbiasing moltiplicativo su ciascun indice del sistema CFWIS e nell'ambito di ciascuna macroregioni di studio. Infine, le equazioni MLR sviluppate sono state utilizzate per proiettare l'area bruciata per il periodo futuro bias corretto in condizioni di cambiamento climatico.

2. LE DINAMICHE ENERGETICHE

2.1 I consumi interni lordi e il mix energetico

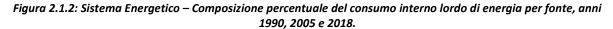
2.1.1 I trend storici

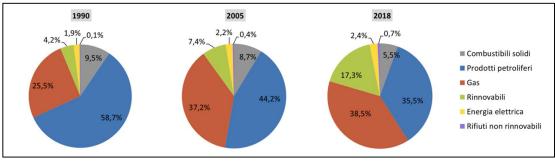
Nel 2018 il consumo interno lordo del Paese è rimasto stabile rispetto al 2017, intorno ai 155 Mtep³² (Figura 2.1.1). Guardato in prospettiva storica, il dato è inferiore rispetto a quello pre-crisi del 2008 e invece abbastanza simile a quello dei primi anni '90, seppure caratterizzato da un mix energetico relativamente diverso: nell'arco di quasi 30 anni, il contributo delle fonti fossili è sceso da circa il 95% a poco meno dell' 80%, con una progressiva sostituzione di prodotti petroliferi e solidi fossili con gas naturale; contestualmente si è registrata la continua crescita delle fonti rinnovabili, che tra il 1990 e il 2018 hanno grossomodo quadruplicato il loro peso (Figura 2.1.2).

■ Combustibili solidi ■ Prodotti petroliferi Energia elettrica Rifiuti non rinnovabili Gas Rinnovahili

Figura 2.1.1: Sistema Energetico – Consumo interno lordo di energia in Italia per fonte (Mtep), anni 1990-2018.

Fonte: Eurostat





Fonte: Eurostat

Questo profilo della domanda lorda di energia primaria, nell'ultimo ventennio, si è accompagnato ad un graduale miglioramento delle performance del sistema energetico nazionale nel suo complesso (Figura 2.1.3). In particolare, si è osservato un *decoupling* tra crescita economica e consumi, con l'intensità energetica del Paese (rapporto tra il consumo interno lordo e il PIL) che, nel 2018, è risultata più bassa di circa il 20% rispetto alla media del periodo 2003-2007.

³² Eurostat Gross inland consumption (Europe 2020-2030)

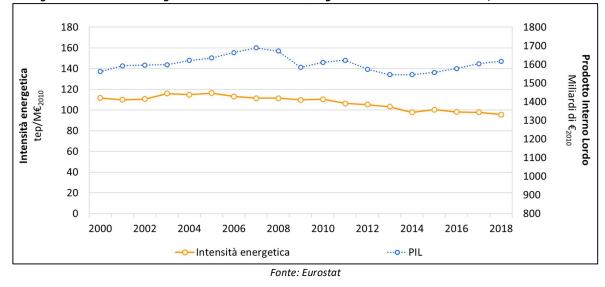


Figura 2.1.3: Settore Energetico – Indice di intensità energetica e Prodotto Interno Lordo, anni 2000-2018.

Il progressivo disaccoppiamento tra la domanda di energia primaria e la crescita del Paese è evidente anche nella dimensione demografica (Figura 2.1.4). Nel 2018, la popolazione italiana è cresciuta del 6% rispetto ai livelli del 2000 e nel contempo la domanda di energia per abitante si è ridotta di circa il 16% rispetto al medesimo riferimento temporale.

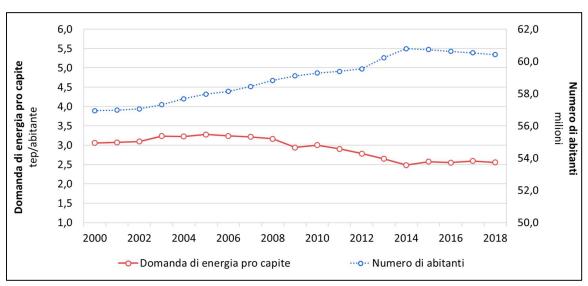


Figura 2.1.4: Settore Energetico – Domanda di energia primaria pro capite e numero di abitanti, anni 2000-2018.

Fonte: Eurostat

A tale andamento dell'intensità energetica hanno contribuito sia un "effetto statistico" legato al cambio del mix energetico a favore delle rinnovabili (in particolare elettriche), che tende a ridurre il fabbisogno primario, sia uno sforzo in termini di efficientamento del sistema economico. È significativo che, al 2018, l'Italia presenta un'intensità energetica ancora inferiore sia alla media dei 28 Paesi dell'Unione Europea che dei Paesi appartenenti alla Zona Euro (Figura 2.1.5) e che, misurata in termini pro-capite, la domanda primaria risulti addirittura la più bassa in assoluto.

Se da una parte questi dati confermano le buone performance italiane in ambito europeo e l'efficacia delle politiche finora messe in atto, dall'altro assottigliano i margini di miglioramento rendendo oggettivamente più sfidanti ulteriori riduzioni dell'intensità energetica del Paese.

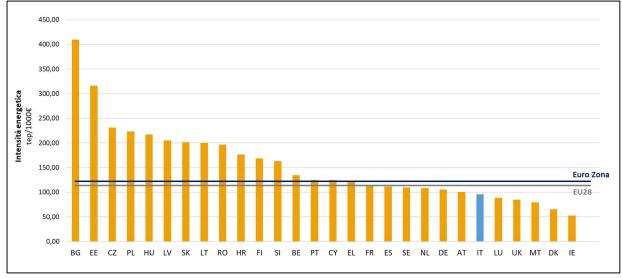


Figura 2.1.5: Settore Energetico – Intensità energetica dei Paesi EU28, 2018.

Fonte: Eurostat

2.1.2 Il quadro al 2050

L'evoluzione attesa al 2050 assume, come detto in precedenza, tendenze energetico-ambientali virtuose innescate dal PNIEC, prolungate fino al 2050.

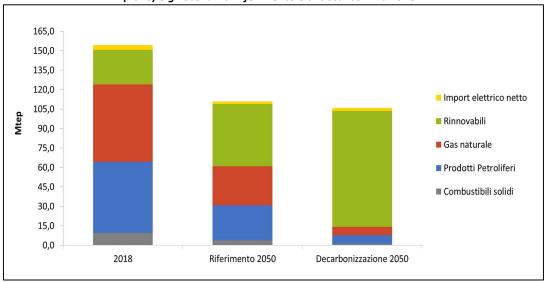
Dunque, già nello Scenario di riferimento si registra:

- la diminuzione del consumo interno lordo di energia, fino ad arrivare intorno ai 110 Mtep, con una contrazione nell'ordine del 30% rispetto al 2018;
- un sensibile cambio della struttura energetica, con un sostanziale equilibrio di forze tra le fonti fossili
 e le rinnovabili: in particolare, il contributo di queste ultime aumenta dell'80% rispetto al 2018, a
 discapito dei combustibili solidi e dei prodotti petroliferi, ma anche, seppure in maniera meno
 drastica, del gas naturale.

L'ulteriore sforzo da compiere per la neutralità climatica richiede innanzitutto il completamento della rivoluzione del mix energetico. Infatti, nello Scenario di decarbonizzazione:

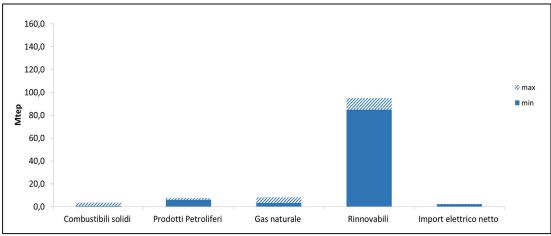
- il forte grado di efficientamento già innescato dalle tendenze del PNIEC e l'espansione del settore della trasformazione per i nuovi combustibili alternativi carbon-free (idrogeno/e-fuels) riducono i margini di contenimento dei consumi (un incremento dell'efficienza energetica continuerà comunque ad essere necessario);
- la leva di decarbonizzazione principale diventa dunque il potenziamento delle energie rinnovabili, accompagnato da un più decisivo confinamento dei combustibili di origine fossile. Ne risulta un mix energetico governato dalle rinnovabili (almeno 80-90%), con un ruolo marginale/eventuale del gas naturale e delle altre fossili (Figura 2.1.6).

Figura 2.1.6: Settore Energetico – Evoluzione attesa del consumo interno lordo (Mtep): confronto tra lo stato attuale (2018) e gli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione³³



Fonte: RSE

Figura 2.1.7: Settore energetico – variabilità del consumo interno lordo per fonte nello scenario di decarbonizzazione.



Fonte: RSE

La "forchetta" di consumo coperta da rinnovabili e, di riflesso, il residuo coperto da fossili, può variare a seconda delle ipotesi alla base della definizione della struttura della generazione elettrica (vedi paragrafo 2.2) e nel comparto industriale (vedi paragrafo 3.1).

Indipendentemente da questo (Figura 2.1.7):

- appare necessaria una forte espansione delle FER non programmabili, in particolare eolico e fotovoltaico, che, alla luce di quanto oggi prevedibile, offrono il potenziale tecnico più rilevante;
- significativo dovrebbe essere anche l'apporto delle bioenergie, in particolare con il massimo sviluppo del biogas e del relativo upgrade in biometano, che può essere utilizzato negli usi finali termici ma anche nel settore di generazione; come si dirà più avanti, la cattura della CO₂ proveniente dalle bioenergie può essere utilizzata per la produzione di combustibili alternativi come il metano sintetico

³³ In questa figura lo scenario di decarbonizzazione è rappresentato da valori medi. Il range di variabilità del consumo interno lordo per fonte è rappresentato in figura 2.1.7.

- o il metanolo (per il settore trasporti) oppure sequestrata in depositi sotterranei per centinaia di anni, dando luogo alle cosiddette "emissioni negative";
- il consumo di combustibili solidi può ridursi al minimo: adottando l'opzione di completo abbandono del carbone nel settore industriale, permarrebbero solo quei combustibili solidi recuperabili grazie all' "economia circolare";
- il consumo di prodotti petroliferi è ascrivibile quasi totalmente al settore non-energy;
- il gas naturale occupa pochi punti percentuali del mix, in particolare laddove si ipotizzi una completa sostituzione di questa fonte con rinnovabili nella generazione elettrica.

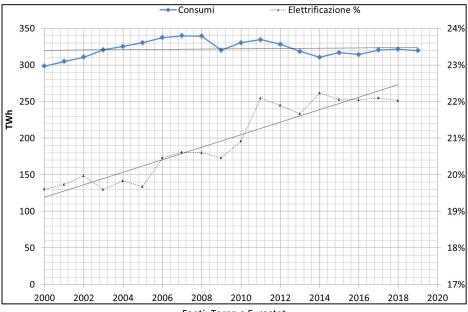
La contrazione del consumo interno lordo nelle proiezioni al 2050 si riflette virtuosamente sull' intensità energetica del PIL e sul consumo energetico pro-capite, con riduzioni rispettivamente di oltre il 40% e di circa il 30% rispetto al 2018.

2.2 Il sistema elettrico nell'evoluzione del sistema energetico

2.2.1 I trend storici

Negli ultimi venti anni i consumi elettrici, pur con qualche oscillazione ciclica, sono rimasti abbastanza stabili in termini assoluti, facendo registrare solo un relativo aumento della loro quota sul totale dei consumi finali (Figura 2.2.1). Questo profilo è in realtà spiegato da dinamiche che si sono compensate: da una parte, un continuo aumento delle domande di servizio e del livello di elettrificazione, dall'altra, l'aumento dell'efficienza delle apparecchiature di uso finale.

Figura 2.2.1: Sistema Elettrico - Dati storici Consumi elettrici (asse sx) e % elettrificazione (asse dx) Consumi finali /Consumi finali elettrici



Fonti: Terna e Eurostat

Dal lato dell'offerta, la produzione sul territorio nazionale di energia elettrica negli ultimi quindici anni è oscillata tra l'85 e il 90% del consumo totale, integrata da import netto, con una riduzione del funzionamento degli impianti di pompaggio:

- relativamente all'andamento degli scambi con l'estero, a fronte di un significativo sviluppo di
 interconnessioni (cavi HVDC con la Grecia e con Malta, aumento significativo della capacità di import
 sulla frontiera nord), la quantità di energia complessivamente importata è risultata sostanzialmente
 stabile, mentre è aumentata quella esportata (ne è quindi derivata una relativa riduzione dell'import
 netto);
- un cambiamento più marcato è avvenuto per il funzionamento degli impianti di pompaggio, dove si
 è assistito ad una riduzione del 75% dell'energia annualmente assorbita. Tale riduzione non è però
 indice di una perdita di utilità della tecnologia per il sistema elettrico, ma è conseguenza di un utilizzo
 diverso che richiede maggiori servizi in potenza invece che in energia (funzionamento concentrato in
 poche ore, fornitura servizi di riserva pronta) (Figura 2.2.2).

Produzione lorda Pompaggi ■ Import netto 400 350 300 250 200 ₹ 150 100 50 0 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018 -50

Figura 2.2.2: Sistema Elettrico - Produzione nazionale, import e consumi per pompaggio

Fonte: Terna

A sua volta, la generazione elettrica nazionale ha cambiato nel tempo le proprie principali fonti: siamo passati dall'idroelettrico (fino agli anni '60), ai petroliferi (olio combustibile in particolare, fino alla fine del secolo scorso), al gas naturale (a partire dal 2000) che garantisce a tutt'oggi la maggior parte della produzione elettrica nazionale, seguita dalla produzione rinnovabile cha ha visto una forte crescita negli ultimi 10 anni. Riguardo in particolare alle rinnovabili:

- tra il 2004 e il 2018, la potenza efficiente lorda degli impianti FER installati in Italia è aumentata da circa 20 GW a circa 55 GW, con un tasso di crescita medio annuo pari al 7% (anche se con un aumento molto concentrato tra il 2010 e il 2012, vedi Figura 2.2.3);
- la produzione lorda di energia elettrica da FER al 2018 è stata pari a 114,4 TWh rappresentando il 39,5% della produzione complessiva italiana³⁴;
- il peso relativo dell'idroelettrico si è gradualmente ridotto fino a scendere, sempre nel 2018, vicino al 43% della produzione rinnovabile, seguito dal solare (circa 20%), dalle bioenergie (17%), dall'eolico (15%) e dalla geotermia (5%).

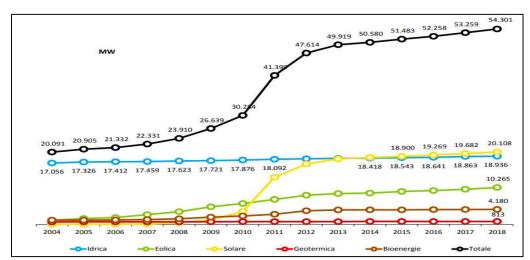


Figura 2.2.3: Sistema Elettrico – Potenza installata degli impianti di produzione elettrica alimentati da FER

Fonte: GSE Rapporto statistico 2018

³⁴ Corrispondente al 33,9% del Consumo Interno Lordo di energia elettrica se calcolata con i criteri della Direttiva 2009/28/CE ai fini del monitoraggio degli obiettivi UE.

La crescita delle rinnovabili nel mix di generazione elettrica ha portato ad una riduzione di quasi il 40% delle emissioni specifiche della produzione lorda rispetto al 2005. Contestualmente, il progressivo abbandono dell'olio combustibile, l'efficienza dei nuovi impianti e la crescita delle bioenergie hanno permesso la contrazione delle emissioni specifiche di CO₂ del parco termoelettrico del 22% sempre rispetto al 2005 (Tabella 2.2.1).

Tabella 2.2.1: Serie storica delle emissioni di CO2 e CO2 eq da produzione di elettricità

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Produzione elettrica lorda, TWh	216,9	241,5	276,6	303,7	302,1	283,0	289,8	295,8	289,7
CO ₂ emessa, Mt	126,2	133,2	139,2	144,0	120,4	93,4	92,5	93,0	85,4
g CO ₂ /kWh (produzione lorda termoelettrica)	708	681	634	571	522	488	466	445	444
g CO ₂ /kWh (produzione lorda totale)*	592	561	516	485	403	332	321	316	296
g CO₂eq/kWh (produzione lorda totale)*	-	-	-	487	405	334	324	319	299

^{*} al netto di apporti da pompaggio

Fonte: ISPRA

2.2.2 Il quadro al 2050

Tenuto conto di queste dinamiche storiche e trascinando le tendenze virtuose del PNIEC, il quadro al 2050 dello Scenario di riferimento emerge caratterizzato da due elementi essenziali:

- a. un ulteriore aggiustamento del mix a favore delle rinnovabili dove, tuttavia, rimane una quota significativa di gas, orientativamente un 20%;
- un incremento relativamente contenuto della produzione elettrica, espressione del fatto che il sistema produttivo ed economico conserverebbe un assetto abbastanza simile a quello che conosciamo.

Nello Scenario di decarbonizzazione al 2050, invece, il sistema elettrico dovrebbe trasformarsi in modo radicale e giocare un ruolo da "pivot" nell'assetto energetico complessivo del Paese. Infatti l'elettricità, oltre ad essere impiegata largamente negli usi finali, sarà essenziale per l'abilitazione di altri canali di riduzione delle emissioni quali:

- la generazione di combustibili con apporto nullo di CO₂ (energia elettrica per la produzione di idrogeno ed *e-fuels*);
- la generazione diretta di calore senza emissione di CO₂;
- l'applicazione in sistemi più avanzati come la sottrazione diretta di CO₂ dall'atmosfera (DAC).

Il sistema di generazione elettrica, inoltre, offre l'opportunità di sottrazione della CO_2 da fonti emissive centralizzate (CCU e CCS) alimentate da bioenergie e da gas naturale, sia da stoccare (determinando "emissioni negative" se la CO_2 ha provenienza biologica) sia per il riutilizzo nella produzione di combustibili alternativi *carbon-free*.

L'effettiva capacità del sistema elettrico di svolgere questo ruolo-chiave può essere ricondotta a tre macro ordini di condizioni tra loro fortemente connessi:

- 1. incremento della produzione elettrica e sua completa decarbonizzazione;
- capacità di gestire una quota massiccia di fonti intermittenti e flessibilità del sistema elettrico;
- 3. forte integrazione delle infrastrutture elettriche con il resto del sistema energetico, in grado di ottimizzare la gestione dei diversi vettori energetici.

1. Incremento della produzione elettrica e sua completa decarbonizzazione

Un cardine dello Scenario di decarbonizzazione è il forte incremento del fabbisogno di elettricità fino a circa 650 TWh, più del doppio rispetto ai livelli attuali. Questo vero e proprio "shock elettrico" si accompagna ad una rivoluzione sia in termini di "generazione" che in termini di "impiego".

Dal primo punto di vista, l'obiettivo di fondo è che il settore energetico arrivi ad azzerare le sue emissioni, se non a portarle addirittura in territorio negativo. Questo implica che la generazione elettrica sia assicurata tra il 95% e il 100% da fonti rinnovabili, a seconda che si conservi o meno un residuo di gas naturale (comunque integrato da sistemi di cattura e stoccaggio della CO₂). Basandosi sulle ipotesi tecnicamente percorribili con le conoscenze attuali, ne esce un quadro dominato dalla produzione eolica e soprattutto solare, cui si somma il mantenimento delle fonti tradizionali (idroelettrico) e la crescita di quelle oggi relativamente sfruttate poco (geotermico) o per nulla (maree e moto ondoso). Si tratta evidentemente di un quadro che potrebbe cambiare nel tempo, in base agli sviluppi di vecchie e nuove tecnologie.

Questa rivoluzione del mix elettrico si porta dietro una serie di importanti conseguenze e criticità da valutare/sciogliere. Se ne segnalano due in particolare:

- a) la capacità installata fotovoltaica raggiungerebbe valori dell'ordine di circa dieci volte il livello attuale; l'apporto dell'eolico, sia on-shore che off-shore, potrebbe salire a 40-50 GW. Si pone evidentemente la necessità di compenetrare questa massiccia diffusione di impianti con altri obiettivi ambientali come i limiti in termini di consumo di suolo e la tutela del paesaggio: un'esigenza che risulterebbe ancor più evidente laddove si intendesse uscire completamente dal fossile, magari in combinazione con analoghe scelte di alcuni comparti industriali³⁵, soluzione che potrebbe incrementare le necessità di fotovoltaico fino anche a circa 15 volte l'attuale installato;
- b) la presenza di fonti di emissione di CO₂ centralizzate rende il sistema della generazione elettrica il naturale candidato per le soluzioni di sequestro, con stoccaggio o riutilizzo, della CO₂. In particolare, la sottrazione di CO₂ dagli impianti termoelettrici consente di azzerare le emissioni provenienti da eventuali quote di produzione ancora basate su combustibili fossili ovvero, se applicata ad impianti alimentati da bioenergie/biometano, di contabilizzare delle "emissioni negative" che possono essere spese in altri settori, energetici e non, dove la decarbonizzazione risulta estremamente difficile. Tuttavia, sebbene sulle tecnologie di sequestro e sulle possibilità di stoccaggio geologico della CO₂ sono già state sperimentate diverse soluzioni, per attuare un ricorso significativo alla CCS, dovranno essere risolti aspetti critici di sistema, tra i quali il trasporto della CO₂ dagli impianti di generazione verso i siti di riutilizzo o di stoccaggio geologico.

La Figura 2.2.4 mostra un quadro emissivo d'insieme delle industrie energetiche, evidenziando il ruolo della CCS a seconda che si esca o meno completamente dalle fossili.

110
90
70
Forchetta di uscita completa o meno dalle fossili

Figura 2.2.4: Emissioni di CO₂ eq in funzione dei diversi Scenari al 2050 e dell'opzione di sequestro della CO₂ prodotta dalla generazione termoelettrica

Fonte: ISPRA

decarbonizzazione senza decarbonizzazione con

CCS

CCS

Scenario di riferimento al 2050

2018

Guardando invece "all'impiego" dell'energia elettrica, si combinano la progressiva penetrazione dell'elettricità negli usi finali e l'utilizzo per la produzione di combustibili alternativi.

-

³⁵ Si veda il paragrafo 3.1

Circa l'elettrificazione, l'aumento più evidente si registra nei trasporti dove pesa la rivoluzione del parco circolante dei veicoli (vedi paragrafo 3.2).

Al tempo stesso, i consumi per la produzione di idrogeno/e-fuels, novità dello Scenario di decarbonizzazione, arrivano a coprire il 25-30% del totale. La forchetta riflette l'esigenza di flessibilità del sistema in caso di abbandono completo delle fonti fossili e massimo sviluppo del fotovoltaico: oltre ad un aumento degli accumuli, sarebbe infatti necessaria una maggiore presenza di impianti P2X, che rappresenta una domanda flessibile che dovrebbe essere in grado di assorbire le eccedenze di produzione da fonti non programmabili.

Queste dinamiche presuppongono evidentemente che l'intera "filiera" dell'idrogeno arrivi ad essere gestita in maniera efficace ed efficiente, anche sul piano dei costi: dalla produzione (che deve appunto sfruttare le eccedenze delle fonti intermittenti), al trasporto con integrazione/adattamento delle reti gas (con opzioni possibili quali l'utilizzo di membrane di separazione, tratti di rete dedicata), allo stoccaggio (con l'adattamento dei depositi esistenti, il ricorso a nuovi siti e depositi criogenici), all'utilizzo (ampliando lo spettro delle destinazioni, come ad esempio nel settore siderurgico) (Tabella 2.2.2).

Tabella 2.2.2: Consumi elettrici settoriali e per la produzione di combustibili negli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione e al 2018

Consumi – TWh	2018	Scenario di riferimento	Scenario di decarbonizzazione
Industria	116.1	106	126-134
Residenziale	65.1	80	94-95
Terziario e Agr	100.4	106	110-114
Trasporti	11.5	33	105-115
Refinery + trasformaz	9.3	6.4	2
P2G (metanaz biol)*	-	-	30-36
Prod idrogeno	-	-	110-170
P2Heat	-	-	9-10
P2L	-	-	11-13
DAC ³⁶	-	+	0-3
Perdite di rete ³⁷	18.0	21	24-26

Fonte: RSE

2. La capacità di gestire una quota massiccia di fonti intermittenti e necessità di flessibilità del sistema elettrico

Un aspetto critico per l'evoluzione dei sistemi elettrici verso le fonti rinnovabili non programmabili (FRNP) riguarda la flessibilità del sistema, ossia la capacità di mantenere istantaneamente bilanciati, in sicurezza, la produzione e i consumi anche a fronte di perturbazioni impreviste.

Nel sistema elettrico tradizionale questa esigenza è stata sinora coperta dagli impianti termoelettrici e idroelettrici dispacciabili: impianti in grado di fornire tutte le flessibilità desiderate (classificate per velocità di erogazione e durata) e rispondere ad un insieme articolato di necessità specifiche, dalla scala temporale intra-oraria fino alla scala annuale.

Nel sistema decarbonizzato al 2050, il fabbisogno di flessibilità cresce significativamente per effetto della presenza pervasiva delle produzioni dalle fonti più aleatorie e concentrate in alcuni periodi dell'anno e/o in alcune fasce orarie (solare ed eolico). In particolare, la flessibilità intra-oraria è richiesta innanzitutto dalle

³⁶ Direct Air Capture: Sistemi di sottrazione diretta di CO₂ dall'atmosfera

³⁷ Molto dipenderà da quanta produzione sarà immessa in rete e quanta sarà consumata in loco dagli impianti P2X

incertezze sulle previsioni delle FRNP; quella giornaliera, dall'andamento della produzione fotovoltaica; quella settimanale, dalla variabilità meteorologica; quella annuale, dalla variazione stagionale della domanda e dell'offerta. Inoltre, a differenza del parco tradizionale, gli impianti di generazione che si possono immaginare per il 2050, e più in generale le nuove risorse per la flessibilità, non sembrano in grado di coprire contemporaneamente tutte le tipologie di fabbisogno: vanno quindi impiegati in modo da sfruttarne al meglio le peculiarità.

Fermo restando il contributo alla flessibilità delle rinnovabili programmabili (idro/bioenergie/geotermia), la risposta dovrebbe dunque essere articolata:

- sarà necessario installare una elevata capacità di sistemi di accumulo elettrochimici su rete e distribuiti (nell'ordine dei 30-40 GW con energia complessivamente accumulata per 70-100 TWh).
 Questi avranno molteplici utilità: spostare gli eccessi da produzione FRNP³⁸ nelle ore in cui può essere consumata direttamente per gli usi finali e dagli impianti P2X; fornire grandi quantità di potenza per flessibilità e servizi di riserva veloci;
- è prevedibile uno sviluppo di tutto il potenziale stimato di nuovi impianti di pompaggio aggiuntivi rispetto agli attuali 7 GW (ulteriori 10 GW, comprensivi degli sviluppi già previsti nel PNIEC al 2030);
- gli impianti di produzione di e-fuels, assieme agli impianti Power to heat e ai sistemi DAC³⁹, diventano funzionali alla stabilità del sistema elettrico stesso introducendo capacità di accumulo e di consumo flessibile (per una potenza stimata tra i 70 e i 100 GW: come visto sopra, si produce metano green, idrogeno, calore e combustibili liquidi);
- altre forme flessibili di utilizzo dell'energia elettrica nel sistema energetico potranno essere realizzate
 dallo svilupparsi di sistemi di accumulo di calore stagionale, anche per le reti di teleriscaldamento.
 Questi sistemi potranno accumulare calore prodotto dalle eccedenze di produzioni FV nella stagione
 estiva per la fornitura di calore nel periodo invernale (tecnologia *Power to Heat*). In questo modo,
 oltre a fornire ulteriore flessibilità utile per il sistema elettrico, si contribuisce alla decarbonizzazione
 degli usi del settore civile;
- infine, il sistema elettrico beneficerà di nuove forme di gestione della domanda capaci di restituire flessibilità. Un elemento importante sarà ad esempio rappresentato dalle batterie dei veicoli elettrici che potranno essere sfruttate per fornire servizi alla rete (il cosiddetto "vehicle to grid").

3. Lo sviluppo delle infrastrutture di rete

Per quanto riguarda le infrastrutture della rete elettrica, è evidente il cambio di passo richiesto sia dal raddoppio dei consumi elettrici rispetto ad oggi, sia dall'incremento esponenziale della potenza installata, in forte maggioranza non programmabile. Saranno quindi necessari importanti investimenti che dovranno accompagnare lo sviluppo del sistema, e importante sarà anche la pianificazione e localizzazione degli impianti P2X. La produzione di idrogeno e gas sintetici dovrà avvenire il più vicino possibile ai parchi di generazione da FRNP per evitare che la RTN debba farsi carico di flussi di diverse decine di GW che richiederebbero investimenti insostenibili.

In questa prospettiva, la rete del gas diventa quindi un elemento importante per raccogliere le produzioni dei combustibili sintetici e trasportarle ai punti di consumo, con costi, si presume, nettamente inferiore rispetto al trasporto della corrispondente energia elettrica. Questo accoppiamento con la rete gas consentirà di trascendere non solo i limiti nel trasporto della rete elettrica nazionale, ma anche la limitata capacità di accumulo del sistema elettrico, aprendo alle potenzialità ben superiori di accumulo dell'energia proprie del sistema gas.

In pratica, seppure si prefigura una sostanziale uscita dalle fonti fossili, la rete del gas rappresenta uno snodo della decarbonizzazione con importanti punti di criticità e di novità:

a. gestire la compresenza di (bio)metano e idrogeno con livelli di concentrazione differenti e variabili nel tempo, con conseguenti problemi di misurazione (e conseguenti problematiche lato utenze);

³⁸ Fonti rinnovabili non programmabili

³⁹ Direct Air Capture: Sistemi di sottrazione diretta di CO₂ dall'atmosfera

- b. prevedere anche sistemi di accumulo locali di gas (idrogeno in particolare) che funzionino da polmone per l'inserimento regolato di idrogeno nelle reti locali, o funzionali ad altre forme di trasporto;
- c. affrontare eventuali dismissioni o cambi di utilizzo di alcune porzioni di rete (di distribuzione in particolare);
- d. mettere in conto un fattore di carico annuo inferiore rispetto a quello attuale, con possibili ripercussioni sui consumi della rete e sui costi unitari di trasporto.

FOCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Elettrico

Le conoscenze attuali inducono a considerare fotovoltaico ed eolico come le principali opzioni cui ricorrere per incrementare la produzione elettrica da rinnovabili. Tuttavia, emergono valori che pongono seri problemi di sostenibilità, in termini di consumo di suolo e impatti ambientali. Emerge quindi la necessità di promuovere a livello europeo la ricerca di soluzioni tecnologiche, ma anche operative, che consentano la gestione di questi problemi. Oltre a obiettivi di incremento sostanziale dell'efficienza dei dispositivi di conversione delle fonti primarie rinnovabili in elettricità, linee di azione dovrebbero essere la massimizzazione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili disponibili a mare e la valorizzazione dell'energia geotermica. Sotto altro profilo, sarà opportuno indagare le possibilità di utilizzo, anche in paesi terzi, di superfici aride e non utilizzabili per altri scopi.

Altre opzioni tecnologiche innovative sono state prese in considerazione e, per ciascuna, occorrerà valutare la reale praticabilità tecnica ed economica.

Nelle Tabelle 1 e 2 si fornisce una breve sintesi delle opzioni innovative prese in considerazione nella decarbonizzazione del settore elettrico relativamente a cattura della CO₂ e Power to X (una descrizione più dettagliata è comunque riportata in Allegato 2). Con Power-to-X si identificano le tecnologie che trasformano l'elettricità in altri vettori energetici e che offrono una duplice opportunità: assorbire l'overgeneration da rinnovabili elettriche e, contemporaneamente, produrre vettori energetici in grado di decarbonizzare i settori finali difficilmente elettrificabili. Le tecnologie di Power-to-X, inoltre, rendono possibile lo stoccaggio stagionale dell'energia elettrica (l'overgeneration della stagione estiva può essere convertita in vettori energetici utilizzabili in inverno).

Tabella 1: Principali tecnologie CCS

Tecnologia	Descrizione							
Centrali elettriche con cattura post-combustione	• L'unità di separazione della CO ₂ , basata in genere sull'utilizzo di solventi basici in colonne di assorbimento chimico e rigenerazione termica, è aggiunta in uscita alla linea di trattamento fumi senza modificare il processo di combustione e la configurazione della centrale: la soluzione è quindi adatta al retrofit di centrali elettriche esistenti, compatibilmente con le esigenze di spazio che richiede.							
	• L'aggiunta della sezione di cattura comporta un calo significativo del rendimento delle centrali (fino a circa 7-10 punti %): ciò è dovuto ai consumi energetici del processo di cattura e ai consumi elettrici per la compressione della CO ₂ catturata.							
	• Durante la cattura non viene intercettata la totalità della CO ₂ presente nei fumi: tipicamente il target è attorno al 90%, anche se è possibile arrivare al 99% a fronte di maggiori costi.							
Centrali elettriche con cattura in oxy-combustione	$ullet$ Utilizzando ossigeno come comburente, i fumi sono costituiti fondamentalmente da CO $_2$ e vapore acqueo: la cattura della CO $_2$ risulta così molto facilitata (il vapore acqueo viene separato tramite semplice condensazione, raffreddando i fumi).							
	• Oltre il 98% della CO ₂ presente nei fumi può essere catturata.							
	• A monte della combustione, deve essere aggiunto un impianto di cattura dell'ossigeno dall'aria che consuma elettricità. Ne consegue un calo del rendimento di centrale (da 4 a 10 punti %) rispetto alle centrali tradizionali.							

Fonte: PoliMI

Tabella 2: Principali tecnologie Power to X

Tecnologia	Descrizione
Power to Hydrogen	Gli elettrolizzatori sono impianti in cui l'acqua viene scissa in idrogeno e ossigeno attraverso il passaggio di corrente elettrica. La produzione di idrogeno tramite elettrolisi comporta un aumento dei consumi elettrici, ma sarà possibile concentrarne la produzione durante i periodi di overgeneration utilizzando elettrolizzatori flessibili.

	A fronte di una inevitabile perdita di energia dovuta alla conversione dell'elettricità in idrogeno, con l'elettrolisi si può ottenere un vettore energetico utile per decarbonizzare direttamente i settori di uso finale (es. uso dell'idrogeno nei trasporti e nell'industria), per la produzione di carburanti sintetici (es. kerosene sintetico ottenuto combinando idrogeno e carbonio), o e per essere miscelato con altri gas (gas blending).
Power to Gas -	Il metano sintetico può essere prodotto tramite una reazione chimica (reazione di
Produzione di metano	metanazione) che sintetizza il metano a partire da idrogeno e CO ₂ . Se la CO ₂ utilizzata come
sintetico	reagente è neutra dal punto di vista delle emissioni climalteranti (es. proviene da
	biomasse), e l'idrogeno è prodotto da elettricità rinnovabile, si ottiene del metano
	sintetico <i>green</i> utile per decarbonizzare i settori finali non direttamente elettrificati (es.
	edifici, industria).
	La metanazione biologica è una soluzione di Power to Gas particolarmente interessante
	perché combina nello stesso sito la produzione di metano sintetico alla produzione di
	biogas. Nella metanazione biologica, infatti, è la CO ₂ già presente nel biogas che viene
	convertita in metano, e ciò può avvenire aggiungendo idrogeno all'interno dello stesso
	digestore anaerobico (metanazione in situ), oppure in un apposito reattore biologico posto
	a valle del digestore (metanazione ex situ).
Power to Liquid	I combustibili liquidi sintetici possono essere prodotti sinteticamente secondo opportune
	reazioni chimiche che combinano idrogeno e CO2 (oppure monossido di carbonio).
	reazioni chimiche che combinano lurogeno è coz (oppure monossido di carbonio).
	Se i reagenti utilizzati sono neutri dal punto di vista delle emissioni climalteranti (es. CO2
	biogenica e idrogeno elettrolitico), si possono ottenere vettori energetici strategici per la
	decarbonizzazione dei settori di uso finale, in particolare dei trasporti, e dei trasporti
	difficilmente elettrificabili (aerei, navi e trasporto pesante su strada).

Fonte: PoliMI e RSE

2.3 I consumi finali e l'efficienza energetica

2.3.1 I trend storici

I consumi finali di energia nel 2018, pari a 116,5 Mtep⁴⁰, confermano il trend relativamente in crescita dell'ultimo triennio (Figura 2.3.1). I livelli di consumo rimangono tuttavia inferiori a quelli precedenti la crisi economica iniziata nel 2008 (nel 2005 si registrava un picco di quasi 140 Mtep), avvicinandosi piuttosto all'andamento della seconda metà degli anni '90. Lo scarto rispetto al punto di picco è evidente in quasi tutti i settori, seppure con intensità assai diverse: si va dal -40% dell'industria, al -10% circa di trasporti e agricoltura, al -5% del residenziale. Un'eccezione è rappresentata dai consumi nei servizi, che sono cresciuti di quasi il 30% rispetto al 2005.

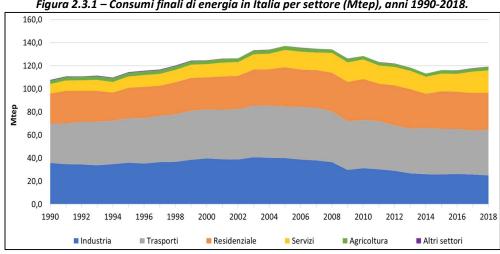


Figura 2.3.1 – Consumi finali di energia in Italia per settore (Mtep), anni 1990-2018.

Fonte: Eurostat

L'andamento calante dei consumi finali di energia a partire dal 2005 si è accompagnato ad una ricomposizione tra fonti fossili, rinnovabili ed elettricità (Figura 2.3.2).

- Il consumo di prodotti petroliferi è diminuito sensibilmente come quello dei combustibili solidi (che però pesano poco in termini assoluti) mentre quello di gas si è ridotto in modo meno significativo. Le fonti fossili continuano comunque a essere prevalenti nella struttura dei consumi finali di energia, anche se con un peso minore rispetto al passato.
- Viceversa, a guadagnare spazio è stata, da una parte, una graduale elettrificazione dei consumi finali e, dall'altra, una progressiva penetrazione delle fonti rinnovabili, principalmente biomasse e, in misura minore, biocarburanti, solare termico e geotermia.

⁴⁰ Eurostat FEC2020-2030

Mtep ■ Combustibili solidi ■ Prodotti petroliferi ■ Gas ■ Rinnovabili ■ Energia elettrica ■ Rifiuti non rinnovabili ■ Calore derivato

Figura 2.3.2 – Consumi finali di energia in Italia per fonte (Mtep), anni 1990-2018.

Fonte: Eurostat

2.3.2 Il quadro al 2050

A fronte di queste dinamiche storiche, guardando avanti, l'uso razionale dell'energia è un paradigma che deve necessariamente sottendere qualsiasi iniziativa verso la neutralità carbonica. La stessa Unione Europea ha introdotto il principio *energy efficiency first* come base per gli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 e al 2050⁴¹. D'altronde il contenimento della domanda di energia ha molteplici effetti positivi: tutela delle risorse naturali, migliore impiego delle risorse economiche, gestione in sicurezza del sistema energetico, maggiore indipendenza energetica ecc...

Questa "tensione" all'efficienza trova consistenza già nello Scenario di riferimento, anche grazie al trascinamento delle politiche tracciate dal PNIEC fino al 2030. Rispetto al 2018, ci si attende che i consumi finali al 2050 calino grossomodo del 25%, sostanzialmente per la sensibile riduzione dei consumi di prodotti petroliferi e gas, mentre crescerebbero ancora le fonti rinnovabili, il calore derivato e l'energia elettrica (Figura 2.3.3).

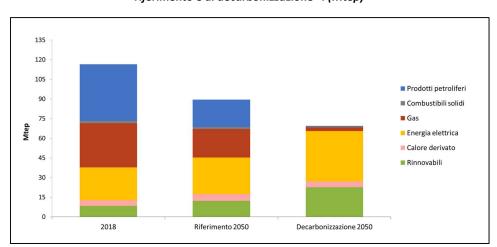


Figura 2.3.3 – Evoluzione attesa dei consumi finali di energia per fonte: confronto tra il 2018 e gli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione⁴². (Mtep)

Fonte: RSE

⁴¹ Si veda ad esempio l'articolo 2, paragrafo 18, e l'articolo 3, paragrafo 3, lettera b), del regolamento (UE) 2018/1999.

 $^{^{42}}$ Lo scenario di decarbonizzazione è rappresentato da valori medi dei fuels e vettori energetici

Con lo Scenario di decarbonizzazione i consumi dovrebbero ridursi ulteriormente, intorno a 70 Mtep, con un calo di circa il 40% rispetto alla situazione del 2018. In questo quadro:

- il vettore elettrico diventerebbe la principale voce nei consumi finali di energia;
- l'intensa elettrificazione dei consumi e gli obiettivi di decarbonizzazione richiedono una crescita straordinaria delle fonti rinnovabili, il cui apporto negli usi finali dovrebbe più o meno triplicare rispetto al 2018;
- prodotti petroliferi e gas, che ancora avevano un peso significativo nello Scenario di riferimento, si comprimono al massimo, restando solo per usi marginali dove sarebbe assai complessa la loro sostituzione.

Conseguentemente muta il mix energetico dei consumi finali, nei quali le fossili, rimpiazzate da elettricità e rinnovabili, residuerebbero con un peso intorno al 5%. La Fig. 2.3.4 fornisce una idea di come dovrebbero cambiare le incidenze dei vari apporti.

2018 Riferimento 2050 Decarbonizzazione 2050

7% 4% 23% 14% 6% 33% Energia elettrica

• Gas
• Combustibili solidi
• Prodotti petroliferi

Figura 2.3.4 – Composizione dei consumi finali di energia per fonte: confronto tra lo stato attuale (2018) e gli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione⁴³.

Fonte: RSE

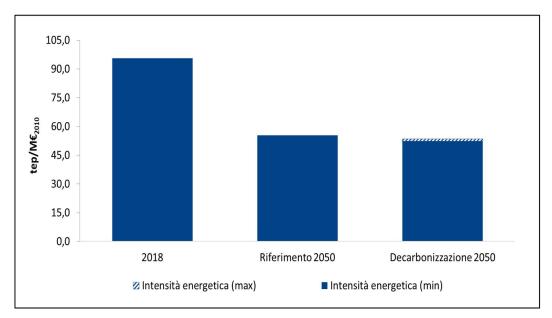
Come si vedrà nei prossimi paragrafi settoriali, questa trasformazione si riverbera sui comparti di uso finale, soprattutto per quanto riguarda i trasporti e il residenziale che dovrebbero ridurre i propri consumi nell'ordine del 50-60% rispetto al 2018; gli altri settori sarebbero interessati da riduzioni più contenute.

L'evoluzione dell'efficienza nei consumi finali è mostrata sinteticamente in Figura 2.3.5 attraverso l'indicatore di intensità energetica dei settori produttivi (industria, servizi e trasporti, agricoltura), calcolata come rapporto tra somma dei consumi e somma dei valori aggiunti. Nello Scenario di decarbonizzazione l'intensità energetica si ridurrebbe di circa il 50% rispetto al 2018.

Figura 2.3.5 - Intensità energetica finale dei settori produttivi: confronto tra gli Scenari di riferimento e di decarbonizzazione con il 2018.

43

⁴³ Lo scenario di decarbonizzazione è rappresentato da valori medi dei *fuels* e vettori energetici



Fonte: RSE

3. LE DINAMICHE SETTORIALI

3.1 Industria

3.1.1 I trend storici

Nel 2018, le emissioni complessive del settore industriale sono state pari a quasi 89 Mton CO_2 eq, corrispondenti a circa il 21% del totale nazionale, in parte derivanti dall'utilizzo di fonti fossili a fini energetici e in parte derivanti da processi produttivi, che implicano l'emissione di gas serra senza che vi sia alcun fenomeno di combustione. Considerando gli ultimi 30 anni, queste due componenti hanno entrambe presentato dinamiche calanti ma ad una velocità ben diversa: le emissioni legate ai consumi energetici si sono quasi dimezzate rispetto a quello che erano fino al 2005 mentre quelle non energetiche hanno registrato un calo assai più contenuto (il loro peso sul totale settoriale è infatti passato dal 30% circa del 1990 a quasi il 40% del 2018) (Tabella 3.1.1.).

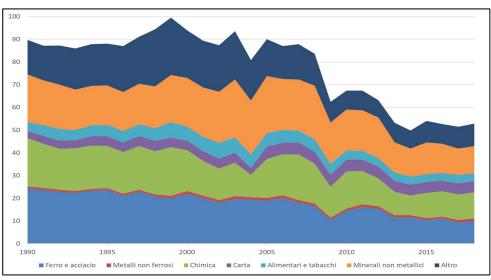
Tabella 3.1.1: Settore Industria - Evoluzione storica emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Usi energetici industria manifatturiera e costruzioni	91	95	92	89	89	85	64	69	69	64	54	51	55	54	52	54
Processi industriali	40	39	47	43	44	41	36	37	37	35	34	33	33	33	34	35
Totale industria	132	135	139	132	133	126	100	106	106	99	88	84	88	87	86	89

Fonte: ISPRA

Nelle Figure 3.1.1 e 3.1.2 sono riportati gli andamenti delle emissioni per i singoli comparti del settore industriale, rispettivamente per la quota derivante dall'uso energetico dei combustibili e per le emissioni di processo.

Figura 3.1.1: Settore Industria – Evoluzione per sotto settore industriale delle emissioni di CO2 da usi energetici, Mton CO2 eq



Fonte: ISPRA

Industriali, inton CO2 eq

150

45

40

35

30

25

20

1990

1995

2000

2005

2010

2015

Minerali non metallici

Metalli

Elettronica

Metalli

Elettronica

Altre produzioni

Water produzioni

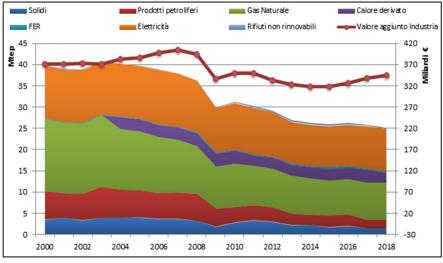
Figura 3.1.2: Settore Industria - Evoluzione per sotto settore industriale delle emissioni di gas serra dai processi industriali, Mton CO₂ eq

Fonte: ISPRA

La contrazione, ben visibile in comparti come la siderurgia, i minerali non metallici e la chimica, riflette l'azione di almeno tre fattori:

- la crisi economica della seconda metà del decennio scorso, che ha eroso significativamente il sistema industriale, provocando un ridimensionamento in termini di numero di imprese, di addetti e di valore aggiunto;
- ii. una spinta all'efficienza, coniugata con la penetrazione di vettori energetici di origine non fossile: l'industria, in particolare nei settori *energy intensive*, ha cercato di ridurre nel tempo i propri consumi per contenere l'incidenza dei costi dell'energia;
- iii. un effetto composito nelle emissioni non energetiche dove si sono in parte compensati elementi di segno opposto: maggior ricorso all'utilizzo di prodotti sostitutivi delle sostanze lesive dell'ozono, costituiti prevalentemente da gas fluorurati (F-gas), dall'altra parte, l'adozione di apposite misure di mitigazione in alcuni settori, come la chimica.

Figura 3.1.3: Settore Industria - Evoluzione dei consumi energetici finali per fonte (Mtep) e Valore aggiunto Industria (Miliardi di €)



Fonte: EUROSTAT

Dei primi due fattori, si trova chiara evidenza verificando la dinamica dei consumi energetici e dell'intensità energetica nell'industria.

Nonostante negli anni pre-crisi (2000-2007) i consumi finali di energia del settore fossero circa il 30% di quelli totali, la loro riduzione ha rappresentato oltre i due terzi di quella complessiva registrata su scala nazionale tra il 2007 e il 2018. Questo calo significativo (quantificabile nell'ordine del 40% tra il 2000 e il 2018) ha interessato praticamente tutte le fonti energetiche (Figura 3.1.3). In particolare, i prodotti petroliferi si sono ridotti del 70%, mentre i combustibili solidi e il gas hanno presentato una contrazione nell'ordine del 50-55%.

È conseguentemente cambiato il mix energetico del settore industriale. Al 2018, la "quota fossile" (gas/petroliferi/solidi) è scesa sotto il 50%, integrata essenzialmente da una componente elettrica al 40% e, per il restante, da calore cogenerato e rinnovabili: un quadro abbastanza diverso da quello di inizio anni 2000 dove le fossili dominavano con un peso di circa il 70%.

La Figura 3.1.3 evidenzia anche un processo di disaccoppiamento dal 2000, tra consumi energetici e valore aggiunto. Infatti, come mostrato dalla successiva Figura 3.1.4, l'intensità energetica, a livello di aggregato industriale, tra il 2000 e il 2018, si è contratta per oltre il 2% medio annuo, riducendosi su base cumulata nell'ordine del 35%. Questa progressiva riduzione ha interessato tutte le principali branche industriali: in particolare, le contrazioni più significative si sono registrate nella chimica e nella siderurgia che hanno tenuto un passo grossomodo doppio rispetto alla media del settore. Nella chimica, settore molto diversificato, parte della riduzione dell'intensità energetica può essere spiegata con un cambiamento nel mix di prodotti, oltre che con la diffusione di processi più efficienti. Nell'industria siderurgica un importante peso è stato lo spostamento verso la produzione di acciaio con processo elettrico, che utilizza circa metà dell'energia necessaria per la produzione dell'acciaio integrato (da altoforno).

Industria ----Carta Chimica Minerali non metalliferi Metalli non ferrosi Siderurgia 1.40 1.20 1 07 1.00 tep/kf (2010) 0.80 0.63 0.60 0.53 0.40 0.34 0.20 0.160.11 0.07 0.00 2002 2000 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018

Figura 3.1.4: Settore Industria - Evoluzione delle intensità energetiche per i principali settori industriali (tep/k€ 2010)

Fonte: elaborazione RSE su dati EUROSTAT

3.1.2 Il quadro al 2050

A partire dal quadro storico tracciato, gli Scenari al 2050, sia quello di riferimento che quello di decarbonizzazione, incorporano le ipotesi adottate sull'andamento del valore aggiunto (si veda il paragrafo 1.2), coerenti con le produzioni fisiche riportate nella Tabella 3.1.2. Sulla base di tali assunzioni, rispetto al livello attuale si perverrebbe, nell'arco di un trentennio, a una contrazione delle produzioni di siderurgia e metalli non ferrosi (5-10%), mentre aumenterebbero quelle degli altri settori (10-20%).

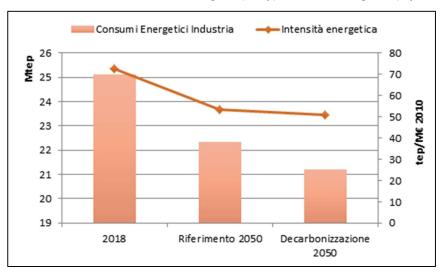
Tabella 3.1.2: Settore Industria - Evoluzione delle produzioni fisiche dei principali settori industriali, Mt

Mt	2017	2030	2050
Siderurgia	24.1	22.1	21.5
Metalli non ferrosi	1.1	1.02	1.05
Cemento	19.2	21.7	23.3
Ceramica e laterizi	12.6	13.3	13.7
Vetro	5.4	5.6	6.0
Calce	2.5	3.1	2.7
Petrolchimica	3.1	3.2	3.3
Carta	8.9	9.1	9.2

Fonte: elaborazione RSE e ISPRA su dati JRC

A fronte di queste produzioni fisiche, nello Scenario di riferimento, grazie alle dinamiche virtuose innescate dal PNIEC, dall'evoluzione tecnologica e dall'*Emission Trading Scheme*⁴⁴, il settore industriale conferma e rafforza le tendenze emerse negli ultimi anni. I consumi energetici calano di circa il 10% rispetto ai valori del 2018, in particolare nella loro componente fossile, che al 2050 arriva a pesare per meno della metà del totale. Il combinato disposto delle proiezioni su produzione e consumi energetici si traduce in guadagni molto significativi in termini di efficienza energetica già nello Scenario di riferimento: l'intensità energetica del settore migliora circa del 25% rispetto al 2018 (Figura 3.1.5).

Figura 3.1.5: Settore Industria – Consumi energetici (Mtep) e intensità energetica (tep/M€2010)



Fonte: RSE

Dallo Scenario di riferimento, emerge un quadro coerente con il principio generale "energy efficiency first", che trova nell'efficienza la prima leva da impiegare per ottenere vantaggi economici e ambientali in termini di riduzione delle emissioni. In pratica, già come effetto del trascinamento del PNIEC, si otterrebbe un significativo ricorso alle opzioni tecnologiche di efficientamento "convenzionali". Lo Scenario di decarbonizzazione, benché esiga interventi di riduzione delle emissioni più complessi e con costo marginale più elevato, sembra fornire miglioramenti contenuti in termini di efficienza, nell'ordine del 5%, rispetto a quanto già incorporato nello Scenario di riferimento (Figura 3.1.5).

⁴⁴ Il sistema di controllo delle emissioni ETS viene prolungato al 2050 con un *decalage* dei permessi di emissione del 2,2% medio annuo.

Ciò premesso, fermo restando che non si considera l'ipotesi di deindustrializzazione del Paese, il comparto produttivo italiano dovrebbe subire profonde trasformazioni sostituendo le fonti fossili tradizionali con combustibili e vettori *green* per concorrere all'obiettivo di neutralità carbonica (Figura 3.1.6). Come si dirà meglio in seguito, si anticipa che, in ogni caso, appare piuttosto difficile che si arrivi alla piena decarbonizzazione del settore per il 2050.

Vi è infatti una quota significativa delle emissioni, che non deriva dall'attività di combustione, ma dai processi produttivi, dall'uso di solventi e dagli F-gas e che risulta particolarmente complessa da comprimere (al 2050 circa 15 Mton CO₂ eq). In particolare, di questo ammontare, quasi la metà è riconducibile all'impiego degli F-gas in sostituzione delle sostanze lesive dello strato di ozono in apparecchiature di refrigerazione e di condizionamento e in sistemi antincendio, per i quali è, al momento, difficile prevedere una completa sostituzione attraverso misure nazionali.

In sintesi, anche applicando tutte le opzioni in materia di decarbonizzazione al 2050 (vedi successivo paragrafo 3.1.3), l'industria potrebbe arrivare ad emettere poco più di 20 Mton CO₂ eq, di cui circa i tre quarti riconducibili ad usi non energetici e per il restante quarto all'impiego, per attività di combustione, di fonti non rinnovabili.

Nel bilancio complessivo delle emissioni, quanto prodotto dal settore industriale dovrà pertanto essere compensato dal potenziamento degli assorbimenti di CO₂.

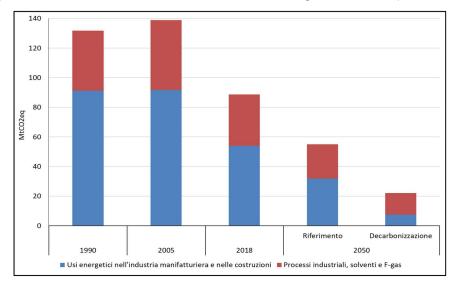


Figura 3.1.6: Settore Industria – Evoluzione delle emissioni di gas serra al 2050 (Mton CO2 eq)

Fonte: ISPRA

3.1.3 Opzioni per la decarbonizzazione

In questo quadro, ai fini della riduzione delle emissioni al 2050, possono essere identificate quattro leve fondamentali da integrare con l'azione dell'efficienza energetica:

- 1. lo switch da combustibili fossili ai combustibili rinnovabili quali idrogeno, bioenergie e *fuel* sintetici (prodotti dalla cattura e utilizzo della CO₂ generata dalle bioenergie);
- 2. l'elettrificazione spinta dei consumi;
- 3. il ricorso a cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS);
- 4. nuove opzioni per l'economia circolare.

Queste opzioni, tra loro correlate, possono essere "dosate" a seconda delle effettive evoluzioni tecnologiche, applicabilità e competitività nel lungo termine. In particolare, sono state formulate diverse ipotesi circa

l'utilizzo delle fonti fossili, in particolare del carbone nella siderurgia, il ricorso alla cattura e lo stoccaggio della CO_2 , lo sviluppo di tecnologie/soluzioni molto innovative.

1. Lo switch verso combustibili alternativi (idrogeno, fuel sintetici, bioenergie)

In base allo Scenario di decarbonizzazione i consumi di fonti fossili del settore industriale potrebbero ridursi del 50-60% rispetto allo Scenario di riferimento (Figura 3.1.7), arrivando a rappresentare il 15-20% del totale: nel lungo periodo, il gas naturale dovrebbe contrarre la quota di consumo fino a contribuire al 10% del totale della domanda di energia dell'industria.

A fronte di questo calo delle fossili, oltre ad un aumento del vettore elettrico (vedi prossimo punto), occorrerà favorire sensibilmente l'impiego diretto di fonti rinnovabili e l'impiego dei combustibili alternativi (gas rinnovabili di sintesi o di origine biologica, *e-fuels* e idrogeno), mutando dunque sensibilmente il mix dei combustibili e dei vettori impiegati (Figura 3.1.7).

Il "grado" di questa sostituzione, come già detto, è a sua volta funzione delle opzioni tecnologiche che vengono adottate in alcuni comparti produttivi (Figura 3.1.8), a cominciare dalla siderurgia. In particolare, l'idrogeno è il vettore energetico alternativo che presenta la maggiore variabilità: nel caso in cui si consideri una completa sostituzione dell'acciaio integrato con preridotto e forni a idrogeno (DRI-H₂), la domanda di questo vettore potrà superare il milione di tonnellate equivalenti di petrolio, e permettere la rinuncia ai grossi impianti di cattura e stoccaggio della CO₂ associati al settore nel caso in cui si continui ad utilizzare una tecnologia tradizionale o anche il preridotto con gas naturale (DRI-CH₄). L'idrogeno risulta una valida opzione per la sostituzione di gas naturale in tutte le applicazioni ad alta temperatura di processo.

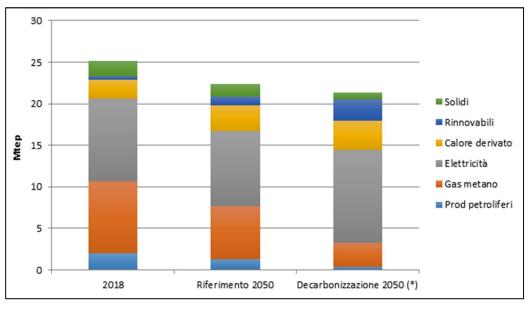


Figura 3.1.7: Settore Industria – Evoluzione dei consumi finali per fonte⁴⁵ (Mtep)

Fonte: RSE

^(*) valori medi tra tutte le opzioni analizzate al 2050

⁴⁵ Lo scenario di decarbonizzazione è rappresentato da valori medi dei *fuels* e vettori energetici

15

10

Prod Gas metano Elettricità Calore Rinnovabili Solidi petroliferi derivato

Figura 3.1.8: Settore Industria – Variabilità dei consumi finali per fonte secondo diverse ipotesi di decarbonizzazione al 2050

Fonte: RSE

2. L'elettrificazione dei consumi

Con un sistema di generazione di energia elettrica basato sull'energia rinnovabile, andranno investigate tutte le prospettive per l'incremento dell'uso dell'elettricità nell'industria, che potrebbe salire fino a coprire anche oltre il 50% del totale dei consumi (Figura 3.1.9).

Il potenziale di elettrificazione è significativo in alcuni processi e settori, in particolare in quelli meno energetici, ma anche nella siderurgia con il ricorso ad acciaio preridotto (con elettricità) e idrogeno. Opzioni come forni elettrici, maggiore robotizzazione e digitalizzazione delle industrie contribuiscono ad incrementare la domanda di elettricità nel settore.

Al 2050 può essere significativa anche l'elettrificazione degli usi termici a diversi livelli di temperatura, dalla produzione di calore a basse temperature (pompe di calore industriali) fino alla produzione di calore ad alta temperatura grazie alla diffusione di forni di fusione ad induzione, tecnologie al plasma o a raggi infrarossi e microonde da utilizzare nei processi dei principali settori quali acciaio, cemento e vetro.

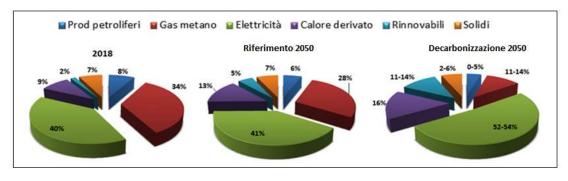


Figura 3.1.9: Settore Industria – Mix dei consumi per fonte al 2050⁴⁶ (%)

Fonte: RSE

⁴⁶ Lo scenario di decarbonizzazione è rappresentato da valori medi dei *fuels* e vettori energetici

3. La cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS)

La CCS rappresenta una opzione per contenere sia le emissioni da combustione che quelle di processo. Questa tecnica può rappresentare una alternativa o una integrazione per comparti quali le industrie dell'acciaio, dei minerali non metallici (in particolare il cemento): in questi settori si potrebbe arrivare a "catturare" 10-20 Mton CO₂ eq.

Il ricorso alla CCS è comunque da considerarsi eventuale e richiede che, via via, siano effettuati diversi ordini di verifiche e valutazioni. In particolare:

- la sua necessità è funzione delle opzioni produttive che saranno adottate in determinate produzioni
 industriali ed è legata alle emissioni incomprimibili: come detto sopra, ad esempio, in alternativa al
 carbone, per l'acciaio possono esserci strade più innovative basate esclusivamente su idrogeno da
 FER che permettono di ridurre il ricorso a cattura e stoccaggio della CO₂;
- si possono ipotizzare, anche in conseguenza delle azioni attese a livello europeo per l'attuazione del *Green Deal*, ulteriori cambiamenti nelle tecnologie, nelle abitudini e nei modi di produzione che interessino soprattutto quei segmenti dove le emissioni sono più difficili da abbattere; ci può essere, ad esempio, un'accelerazione dello sviluppo di tecnologie per la decarbonizzazione dei settori industriali dove è più alta la CO₂ di processo, come il cemento, o la disponibilità di tecnologie che consentono il completo *phase-out* degli F-gas, oppure, di applicazioni che permettono di "imprigionare" il carbonio catturato in forma solida in prodotti/materiali;
- non va trascurato che andrebbero localizzati dei siti sicuri per lo stoccaggio e predisposti adeguati piani di conferimento dell'anidride carbonica, soprattutto in caso di lontananza dall'industria al sito prescelto.

4. Il ruolo dell'economia circolare nel settore industriale

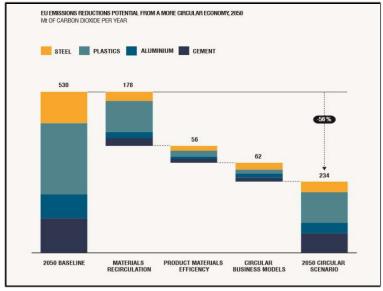
Studi internazionali recenti hanno rivelato un legame diretto tra la lotta al cambiamento climatico e l'economia circolare dimostrando come un'economia globale non lineare possa svolgere un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo di Parigi. Ad esempio, passare all'utilizzo circolare dei quattro materiali più comunemente usati nel settore delle costruzioni - acciaio, plastica, alluminio e cemento - potrebbe ridurre, a livello europeo, le relative emissioni industriali di oltre la metà entro il 2050 (Figura 3.1.10).

Figura 3.1.10: Settore Industria – Riduzione potenziali delle emissioni europee di gas serra dall'incremento di economia circolare al 2050 (Mton CO2/anno)

EU EMISSIONS REDUCTIONS POTENTIAL FROM A MORE CIRCULAR ECONOMY, 2050

MR OF CARBON DIOXIDE PER YEAR

STEEL PLASTICS ALUMINIUM CEMENT



Fonte: Material Economics

Nel nuovo "Piano d'azione per l'economia circolare" adottato dalla Commissione Europea l'11 marzo 2020, la decarbonizzazione delle industrie ad alta intensità energetica, come quelle del cemento, dell'acciaio e dei prodotti chimici, indispensabili per l'economia, viene individuata come essenziale in un percorso di neutralità climatica. Inoltre, sono identificati anche alcuni settori industriali suscettibili di provocare, nei prossimi anni, sempre maggiori impatti in termini economici, ambientali e climatici quali il tessile, la produzione alimentare e la produzione degli apparecchi elettrici ed elettronici di largo consumo, che, seguendo ancora modelli di produzione e consumo prevalentemente lineari, necessitano di interventi incisivi per essere "riconvertiti" alla circolarità. Nel Piano di Azione Europeo la circolarità nel settore industriale è considerata un elemento essenziale per promuovere notevoli risparmi di materie in tutte le catene di valore e nei processi di produzione e generare valore aggiunto e sbloccare opportunità economiche.

Per quanto riguarda l'Italia, in linea con il recente studio elaborato dall'*International Resource Panel* dell'UNEP⁴⁷ e con quanto previsto dalla Commissione Europea, si stanno promuovendo azioni utili alla misurazione e alla modellizzazione di strumenti per individuare sinergie tra economia circolare e mitigazione dei cambiamenti climatici. Attualmente i dati sulle performance di circolarità dei paesi europei sono raccolti da Eurostat nell'ambito del quadro di monitoraggio adottato dalla Commissione Europea. In tali prospettive, è auspicabile promuovere ulteriormente e da subito la circolarità nei processi, già nel contesto della revisione della direttiva sulle emissioni industriali, prevedendo l'integrazione delle migliori pratiche dell'economia circolare nei documenti di riferimento delle prossime BAT (*Best Available Techniques*).

La spinta all'economia circolare può trarre vantaggio, inoltre, dallo sviluppo di sistemi più efficienti non solo di riciclo ma anche di rigenerazione, riuso e riparazione dei beni, facilitando la manutenzione dei prodotti e aumentandone la durata di vita, spingendo gli operatori, a concepire a tal fine i prodotti. In tale prospettiva, è importante la promozione di strumenti economici e fiscali per creare adeguati incentivi all'adozione di modelli di produzione e consumo circolari e sostenibili nonché azioni di comunicazione e sensibilizzazione tese ad informare i cittadini sui nuovi modelli di consumo.

In tale prospettiva la bioeconomia, ovvero il sistema socio-economico che interconnette le attività economiche che utilizzano biorisorse rinnovabili del suolo e del mare per produrre cibo, composti chimici, materiali, fertilizzanti ed energia, costituisce un elemento fondamentale dell'economia circolare.

Oltre a basarsi su risorse rinnovabili, la bioeconomia alimenta il "ciclo biologico" ovvero il recupero e la valorizzazione della materia e dell'energia degli scarti organici dei processi di produzione e consumo. In tale prospettiva potrà giocare un ruolo chiave nella tutela e rigenerazione dei suoli, contribuendo anche all'assorbimento della CO₂ dall'atmosfera.

_

⁴⁷ UNEP IRP "Resource Efficiency and Climate Change", 2020

FOCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Industria

Le considerazioni svolte nei paragrafi precedenti evidenziano come la decarbonizzazione dell'industria esiga, oltre all'efficienza, un cambio sostanziale del mix dei combustibili e dei vettori utilizzati, oltre a uno sforzo, non solo nazionale, per innovare i sistemi di produzione e spingere ulteriormente l'economia circolare, residuando, come opzione integrativa, la cattura e lo stoccaggio della CO₂.

La Tabella 1 riporta una sintesi delle principali tecnologie e opzioni di decarbonizzazione prese in considerazione per il 2050. Per una descrizione più approfondita si rimanda alle specifiche tabelle riportate in Allegato 2.

Tabella 1: Principali opzioni di decarbonizzazione per il settore industriale

Tecnologia	Descrizione
Elettrificazione della produzione di calore	• Produzione di calore a bassa temperatura (100-150°C) - Pompe di calore elettriche industriali ⁴⁸ : la tecnologia è idonea agli usi termici a bassa temperatura (<100°C), ma esistono modelli che possono servire anche usi termici fino a circa 150°C, combinando le pompe di calore con un <i>Heat Booster</i> in grado di innalzare la temperatura.
	• Produzione di calore a media temperatura (100-500°C): <i>Mechanical vapour recompression, boiler elettrici, essiccazione a infrarossi, forni a microonde</i> .
	• Produzione di calore ad alta temperatura (>500°C fino a 1100-1600°C per i processi principali dei settori acciaio, cemento, vetro, ceramica, steam cracking): forni di fusione a induzione, tecnologie al plasma, raggi infrarossi, raggi ultravioletti, microonde, resistenze elettriche.
Elettrificazione dell'acciaio primario	• L'elettrificazione dell'acciaio da ciclo integrale può avvenire modificando drasticamente il processo produttivo. Ad oggi, i minerali ferrosi vengono fusi e convertiti in ferro nell'altoforno (che utilizza il coke come combustibile e agente riducente). Il ferro è poi convertito in acciaio nel convertitore ad ossigeno (un forno che utilizza il gas di cokeria come combustibile). L'altoforno potrebbe essere eliminato e sostituito da un processo di riduzione diretta dei minerali ferrosi (DRI-direct reduced iron) in cui è possibile utilizzare metano (DRI-CH ₄) o idrogeno (DRI-H ₂) come agenti riducenti. In tal caso, la successiva trasformazione del ferro in acciaio potrebbe avvenire in forni ad arco elettrico. Il processo DRI-H ₂ con successivo forno elettrico costituisce una opzione per la completa decarbonizzazione della produzione dell'acciaio integrato.
Uso diretto dell'idrogeno	• Nel contesto di un sistema energetico largamente basato su rinnovabili è ipotizzabile poter utilizzare una grossa parte delle <i>overgeneration</i> del settore elettrico per la produzione di idrogeno che può essere utilizzato come <i>fuel</i> nel settore industriale o come materia prima in settori specifici, per lo più con reti di trasporto dedicate. Per l'industria può rivestire un ruolo importante, ad esempio nella completa decarbonizzazione dell'acciaio integrato.
Fuel switch verso le bioenergie (biomassa,	• Possibilità di decarbonizzare la produzione di calore anche ad alta temperatura senza modificare gli impianti industriali, né aggiungere CCS.
biometano)	• Nei cementifici, lo <i>switch</i> verso la biomassa solida non richiede significative modifiche al processo produttivo (l'attuale produzione del <i>clinker</i> si basa principalmente sull'uso di carbone e altri combustibili solidi secondari).
	• Le emissioni di processo, se presenti, non possono essere ridotte applicando soltanto il <i>fuel switch</i> del combustibile.

⁴⁸ Le pompe di calore sono macchine in grado di prelevare calore dall'ambiente esterno a temperatura minore (es. dall'aria o dalle acque superficiali o di falda, calore di scarto a bassa temperatura) e di trasferirlo ad un pozzo termico a temperatura maggiore (es. acqua calda per riscaldamento o per usi industriali a bassa temperatura).

Fuel switch verso combustibili meno emissivi	 Possibilità di ridurre le emissioni del settore Minerali non metalliferi sostituendo i consumi di prodotti petroliferi con gas naturale o biometano. Ciò comporta la sostituzione di parte degli impianti industriali.
	• Opzione che può essere presa in considerazione solo se accoppiata ad un maggior ricorso alla CCS
Cattura della CO ₂ nell'industria (CCS)	• Con la cattura post-combustione è possibile catturare sia le emissioni da combustione che quelle di processo senza modificare gli impianti industriali esistenti.
	• Se l'impianto utilizza un combustibile a zero emissioni (es. biomasse, biometano, metano sintetico), applicando la CCS si ottengono emissioni negative (opzione particolarmente interessante per i cementifici che ben si prestano al <i>fuel switch</i> verso la biomassa solida).
	$ullet$ Può essere applicata anche alla produzione di acciaio primario tramite a DRI – CH $_4$
	$ullet$ La necessità di penetrazione della CCS è legata alla capacità del sistema di compensare le emissioni incomprimibili e dalla disponibilità di trasporto e stoccaggio della CO $_2$
Economia Circolare	• Adozione di strategie eco-industriali coordinate per l'economia circolare e la neutralità climatica dei settori industriali <i>energy intensive</i> :
	 misurazione e modellizzazione per valutare le sinergie tra economia circolare e mitigazione dei cambiamenti climatici; riduzione delle emissioni nei processi industriali tramite riuso di materia e un uso potenziato di materie riciclate; potenziamento della bioeconomia rigenerativa.

Fonte: PoliMI e RSE

3.2 Trasporti

3.2.1 I trend storici

Il settore dei trasporti è attualmente responsabile del 30% del totale nazionale delle emissioni di gas serra (circa 104 Mton CO_2 eq nel 2018). L'andamento degli ultimi 30 anni è stato simile a quello dell'industria: crescente tra il 1990 e il 2007 e decrescente dopo, in conseguenza soprattutto della crisi economica e della progressiva diffusione di mezzi caratterizzati da emissioni di CO_2 e consumi energetici ridotti. Di fatto, in termini assoluti, le emissioni sono oggi quelle che erano nel 1990⁴⁹ (Tabella 3.2.1).

Tabella 3.2.1: Settore Trasporti - Evoluzione storica emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

	1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Trasporti	102.2	128.5	129.7	129.6	122.6	117.1	115.5	114.5	106.8	104.1	108.9	106.2	104.8	100.9	104.3

Fonte: ISPRA

Considerando la distribuzione delle emissioni per modalità di trasporto, quasi il 95% è dovuto al trasporto su strada, con un peso delle automobili pari a circa il 70%, seguito da camion e veicoli commerciali leggeri (insieme circa il 25%).

Domanda di trasporto passeggeri

Sottostante a questi andamenti emissivi, nello scorso trentennio si è registrata, seppure con ampie oscillazioni, una significativa crescita della domanda di trasporto passeggeri che nel 2018, rispetto al dato del 1990, è risultata più alta di circa il 30% (Tabella 3.2.2). Oltre il 90% del trasporto passeggeri avviene su strada, con il restante coperto dai treni e navigazione aerea (rispettivamente 7% e 2%): la domanda del trasporto su strada è stata ed è soddisfatta in maniera predominate dal trasporto individuale (autovetture e motocicli) rispetto a quello pubblico (Tabella 3.2.3). La progressiva introduzione di automobili più efficienti ha contribuito ad impedire che la crescente domanda di mobilità si traducesse negli ultimi anni in un incremento delle emissioni.

Tabella 3.2.2: Settore Trasporti - Traffico totale interno di passeggeri in Italia, miliardi di p-km

1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
727.9	900.5	900.8	899.2	900.3	938.5	916.6	885.7	796.2	838.5	865.2	901.1	929.9	970.0	944.4

Fonte: Conto nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti, Anni 2017-2018

Tabella 3.2.3: Settore Trasporti - Traffico interno di passeggeri per trasporto su strada, miliardi di p-km

Modalità di trasporto	1990	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Autolinee e filovie urbane ed extraurbane	84	101	102	102	102	1020	103	103	102	103	103
Autovetture + motocicli	583	727	740	709	621	661	685	718	745	783	755

Fonte: Conto nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti, Anni 2017-2018

Domanda di trasporto merci

Passando al lato merci, emerge un profilo ciclico con un recupero dell'ultimo quinquennio: comunque, rispetto al picco del 2005 il traffico risulta oggi comunque più basso del 15% circa (Tabella 3.2.4). In questo caso la modalità di trasporto è grossomodo per metà su strada e per il resto su vie d'acqua e treni.

 $^{^{49}}$ La CO_2 rappresenta il 99% dei gas a effetto serra del settore.

Tabella 3.2.4: Settore Trasporti - Traffico totale interno di merci in Italia⁵⁰, miliardi di t-km

1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
191	238	224	227	219	209	217	199	183	181	177	177	183	193	200

Fonte: Conto nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti, Anni 2017-2018

3.2.2 Il quadro al 2050

A partire da questa situazione, nello Scenario di riferimento si beneficerebbe del trascinamento delle dinamiche virtuose incorporate nel PNIEC, caratterizzate dai seguenti principali elementi:

- i) nel settore del trasporto passeggeri, viene attribuito un rilievo prioritario alle politiche per il contenimento del fabbisogno di mobilità e all'incremento della mobilità dolce e della mobilità collettiva, in particolare su rotaia;
- ii) nel settore del trasporto merci, viene favorito il passaggio da gomma a ferro;
- iii) per il residuo fabbisogno di mobilità privata e merci, in aggiunta all'efficienza, si promuove la diffusione dei biocarburanti, soprattutto biometano, e l'incremento di veicoli elettrici.

Su tali basi, si otterrebbe al 2050 un livello emissivo prossimo alle 60 Mton CO₂ eq, corrispondente ad una diminuzione del 45% delle emissioni di gas serra rispetto allo stato attuale.

Nello Scenario di riferimento, al 2050, a livello emissivo si conferma il contributo preponderante, dell'ordine dell'85%, del trasporto su strada rispetto alle altre modalità, sebbene in misura minore rispetto allo stato attuale.

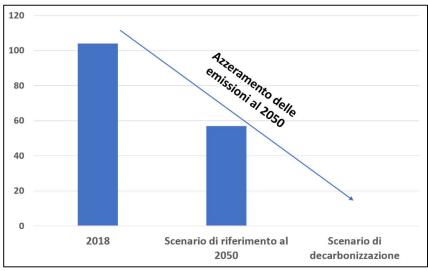
Ciò premesso, dallo Scenario di riferimento emergono alcune considerazioni di fondo:

- ✓ i trasporti risultano il primo settore in termini di emissioni nonostante il calo significativo rispetto al dato attuale (confronta Figura 1.3.4);
- ✓ i consumi energetici del settore sono comunque ancora dominati dalle fonti "fossili";
- ✓ circa l'85% delle emissioni è legato al trasporto su strada e al 2050 una parte consistente delle automobili circolanti sarebbe ancora di tipo "tradizionale".

Nello Scenario di decarbonizzazione si punta invece ad azzerare le emissioni di gas serra del settore nel suo complesso (Figura 3.2.1).

Figura 3.2.1: Settore Trasporti - Evoluzione delle emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

⁵⁰ Sono considerati gli spostamenti di merce realizzati da vettori nazionali con origine e destinazione interne al territorio italiano. Per il traffico ferroviario e per oleodotto è compresa anche la quota dei traffici internazionali realizzata su territorio nazionale.



Fonte ISPRA

3.2.3 Opzioni per la decarbonizzazione

Ai fini della decarbonizzazione del settore, è necessario intervenire sia sulla domanda di trasporto, in termini quantitativi e qualitativi, che sulle tecnologie applicate, agendo su motorizzazione e combustibili. Sul fronte della riduzione della domanda di trasporto, ai fini di una maggiore sostenibilità ambientale, si ipotizza di accelerare in termini di:

- per il trasporto passeggeri:
 - ✓ ridurre la mobilità passeggeri con consumi energetici (telelavoro, ciclopedonale);
 - ✓ promozione dell'intermodalità, con uno spostamento dal trasporto su gomma privato verso quello pubblico e in particolare ferroviario;
 - ✓ riduzione dei km/pass per i voli aerei.
- per il trasporto merci:
 - ✓ potenziamento del trasporto ferroviario merci;
 - √ drastica riduzione dei viaggi a vuoto nel trasporto merci su gomma, fino ad un livello pari al 10% al 2050.

Una forte spinta in queste direzioni cambia ovviamente il mix di mezzi per il soddisfacimento per la domanda di mobilità.

Nella Tabella 3.2.7 si riportano i dati sulla distribuzione della domanda di mobilità per tipo di veicoli al 2050, sia come attesa per effetto del trascinamento del PNIEC (e dunque nello Scenario di riferimento), sia come mutata in attuazione degli ulteriori cambiamenti di cui si è appena detto (e dunque nello Scenario di decarbonizzazione).

Tabella 3.2.7: Settore Trasporti – Composizione mezzi di trasporto al 2050 nei diversi Scenari

		Scenario di riferimento 2050	Scenario di decarbonizzazione 2050	Variazioni Scenario decarbonizzazione vs Scenario Reference
Auto	Mdi pass-km	615	525	- 90
Moto	Mdi pass-km	40	37	-3
Bus	Mdi pass-km	114	150	+36
Treni passeggeri	Mdi pass-km	82	98	+16
Aerei	Mdi pass-km	130	105	-25

Treni merci	Mdi ton-km	30	37	+7
Navi	Mdi ton-km	73	73	/
Truck	Mdi ton-km	165	134	-31

Fonte: Elaborazione ISPRA e RSE

Ma la decarbonizzazione non sarebbe possibile senza un parallelo e profondo cambio delle tecnologie e dei vettori energetici utilizzati, sia per il trasporto passeggeri che merci. Si prospetta in particolare:

- per i motori, una maggiore elettrificazione, fino a quai il 50% a livello complessivo del settore, trainato soprattutto dalla penetrazione nel comparto auto, nel quale la quota di veicoli elettrici diverrebbe assolutamente maggioritaria;
- per i carburanti, un ricorso crescente all'idrogeno, che nello Scenario di decarbonizzazione rappresenta oltre il 50% dei consumi finali di settore, ed un aumento dei biocarburanti avanzati o di carburanti di origine sintetica, soprattutto per i trasporti aerei e navali domestici.

Guardando innanzitutto al trasporto passeggeri, un assetto dei mezzi e delle alimentazioni del parco auto idoneo per gli obiettivi di decarbonizzazione potrebbe essere quello mostrato in Tabella 3.2.8, in cui si osserva la necessità di completo *phase out* dei carburanti tradizionali a favore, sostanzialmente di elettricità e idrogeno, che, grazie alla contestuale penetrazione delle rinnovabili nel settore elettrico, sono di fatto combustibili da fonti rinnovabili.

Tabella 3.2.8: Settore Trasporti - Dimensione e composizione parco auto circolante –comparazione tra lo stato attuale, lo Scenario di riferimento e di decarbonizzazione al 2050

	2018* 10^6 veicoli	Scenario di riferimento 2050 10^6 veicoli	Scenari di Decarbonizzazione-2050 10^6 veicoli			
Auto ad alimentazione elettrica	0.02	11	~19			
Auto metano/biometano	1.0	~3	~0			
Auto GPL	3.1	~3	0			
Auto tradiz e ibride (no plug in)	36.5	~13	0			
Auto idrogeno	-	~0.4	~4			
Auto a green fuel sintetici	-	-	~1			
Totale	40.6	~30	~24			

Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT)

Per i veicoli pesanti la necessità di coprire lunghe distanze e i contesti locali potrebbero richiedere il ricorso ad una varietà di tecnologie e combustibili. La decarbonizzazione può essere ottenuta sia modificando la tecnologia motrice, sia sostituendo i carburanti fossili con combustibili rinnovabili: motori elettrici, celle a combustibile a idrogeno, biodiesel, biometano e metanolo sintetico nei motori a combustione interna convenzionali. Al riguardo, si deve tenere conto che: i) per i veicoli commerciali pesanti, allo stato delle conoscenze, l'elettrificazione completa sembra essere più complicata rispetto a quella delle autovetture a causa dei maggiori requisiti di potenza e autonomia, per il cui soddisfacimento occorrerebbe immaginare infrastrutture dedicate per la ricarica superveloce o soluzioni di non semplice realizzazione, come le linee catenarie e le infrastrutture a pantografo; ii) l'idrogeno potrebbe essere una valida opzione, tecnicamente compatibile, con opportuni adattamenti e sistemi di stoccaggio, con le motorizzazioni convenzionali e adatto all'uso in celle a combustibile; iii) i biocarburanti, pur con i limiti dovuti all'effettiva capacità produttiva nel lungo periodo, e i carburanti i sintetici che non richiederebbero un adattamento del gruppo propulsore, e per i quali si potrebbe sfruttare l'infrastruttura di rifornimento esistente (in questo caso la CO₂ necessaria al processo di produzione deve essere di origine rinnovabile per garantire un impatto zero in termini di emissioni di gas serra).

Anche per Il trasporto marittimo a corto raggio e per le vie di navigazione interne elettrificazione, idrogeno, biocarburanti avanzati e carburanti sintetici appaiono le opzioni più valide. In ogni caso, sarà essenziale che le opzioni di decarbonizzazione di questo comparto siano condivise a livello internazionale, anche per l'utilizzo nei trasporti navali di lungo raggio.

Per il trasporto aereo, al momento è difficile ipotizzare opzioni diverse da carburanti sintetici da rinnovabili e biocarburanti, con possibili problemi di effettiva e sufficiente disponibilità. L'elettrificazione dei velivoli potrebbe essere un'alternativa, ma rimane ancora in una fase di sviluppo, in particolare per i velivoli di grandi dimensioni, mentre sono già in funzione piccoli aerei con propulsione elettrica⁵¹.

⁵¹ "A Clean Planet for all - A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy" Commissione Europea 2018

FOCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Trasporti

La decarbonizzazione del settore trasporti è una sfida che richiede misure di vario genere: in primo luogo la riduzione del fabbisogno di mobilità con consumo energetico, mobilità collettiva, cambio delle tecnologie e utilizzo di vettori energetici rinnovabili. A quest'ultimo riguardo, appare plausibile che nel trasporto passeggeri divengano dominanti elettricità e idrogeno (rinnovabili). Molto più complessa è la decarbonizzazione dei trasporti pesanti su strada, via nave e aerei. A riguardo, le Tabelle 1, 2 e 3 riportano una sintesi delle principali tecnologie per decarbonizzazione al 2050 (per un maggior dettaglio si veda l'Allegato 2). In questa prospettiva, uno snodo cruciale del processo di decarbonizzazione sarà rappresentato dalla necessità di disporre di una rete adeguata di rifornimento. Resta fermo che i vettori energetici devono essere ottenuti da rinnovabili o essere comunque a bilancio nullo in termini di emissioni.

Tabella 1: Settore Trasporti - Trasporto su strada

Trasporto pesante su strada	Opzioni					
Tecnologie cambio motrice	• Camion elettrici a batteria: veicoli con motore elettrico in cui l'energia elettrica è ottenuta direttamente dalle batterie.					
	• Highways: elettrificazione dei tratti autostradali con cavo elettrico sospeso e pantografo.					
	• e- fuel cell a idrogeno: veicoli con motore elettrico in cui l'energia elettrica è prodotta a bordo dalle celle a combustibile a idrogeno. (FCEV: fuel cell electric vehicles).					
Tecnologie cambio	Veicoli diesel: motori a combustione interna alimentati a:					
carburanti	a) biodiesel;					
	b) diesel sintetico ottenuto da gassificazione/pirolisi di biomassa, oppure da H2 e CO2;					
	c) diesel da upgrade del metanolo sintetico ottenuto da H2 e CO2.					
	Veicoli a gas: motori a combustione interna alimentati a:					
	a) biometano liquefatto;					
	b) metano sintetico liquefatto ottenuto da H2 e CO2.					
	Veicoli a benzina: motori a combustione interna alimentati a:					
	a) metanolo sintetico ottenuto da H2 e CO2.					

Fonte: PoliMI

Tabella 2: Settore Trasporti - Trasporto navale

Trasporto navale	Opzioni
Tecnologie cambio motore	Navi con motori elettrici con batterie a bordo.
	Navi con fuel cell a idrogeno:
	navi con motore elettrico in cui l'energia elettrica è prodotta a bordo dalle celle a combustibile a idrogeno.
	• Navi con fuel cell a metanolo diretto (Direct Methanol Fuel Cell, DMFC): navi con motore elettrico in cui l'energia elettrica è prodotta a bordo dalle celle a combustibile a metanolo.
Tecnologie cambio carburante	Navi con motori a combustione interna a:
	a) biodiesel;

b) metanolo sintetico ottenuto da H2 e CO2.
Navi con motori a combustione interna a:
a) biometano liquefatto;
b) metano sintetico liquefatto ottenuto da H2 e CO2.

Fonte: PoliMI

Tabella 3: Settore Trasporti - Trasporto aereo

Trasporto aereo	Opzioni
Tecnologie cambio carburante	Alimentazione a biocarburanti avanzati
	Alimentazione a kerosene sintetico

Fonte: PoliMI

3.3 Civile

3.3.1 I trend storici

Il settore civile rappresenta circa il 20% delle emissioni nazionali di gas serra, per un totale nel 2018 di 81,3 Mton CO₂eq (Tabella 3.3.1): di queste, circa il 60% viene dal residenziale, il 30% dai servizi e il restante 10% dall'agricoltura (vengono qui contabilizzate le sole emissioni dovute ai consumi energetici del settore, per le altre emissioni si veda lo specifico paragrafo 3.4).

Guardando agli ultimi 30 anni, le emissioni del settore sono oscillate nell'intervallo 80-90 Mton CO₂ eq risentendo sensibilmente anche, a parità di mix energetico usato, delle condizioni climatiche: ai due picchi emissivi degli anni 2005 e 2010 ha concorso l'inverno particolarmente rigido nei due anni.

11,9 23,6 24,0 23,8 28,1 27,4 28,6 24,4 24,3 24,5 21,7 23,1 23,6 23,7 23,3 57,5 62.4 57,0 52,9 54,4 55.9 58,9 54,8 55,5 54,8 45,9 51.2 51,5 51,5 50,3 9,1 9,3 9,1 8,7 8,4 8,5 8,1 7,9 7,6 7,5 7,5 7,7 7,8 7,8 7,7 78,6 95,3 90,1 90,9 91,8 95,6 87,3 75,1 82,0 82,8 81,3 85,4 87,1 86,8 83,0

Tabella 3.3.1 − Settore Civile - Evoluzione storica delle emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

Fonte: ISPRA

Questo profilo emissivo è a sua volta spiegato dall'andamento dei consumi e dei "mix" energetici di settore che si sono in parte compensati.

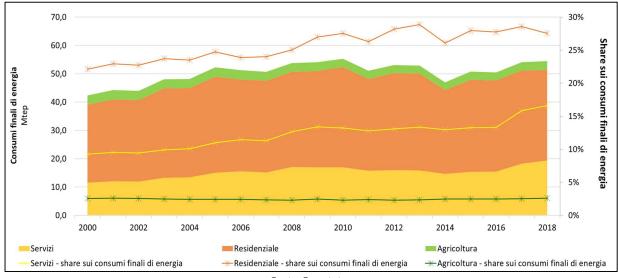
Un primo dato di fondo è che i consumi totali⁵² sono cresciuti negli ultimi 20 anni, seppure in maniera più intensa nel primo decennio del secolo (Figura 3.3.1).

- Nel caso del residenziale i *driver* della crescita sono stati essenzialmente due: i) un aumento della popolazione tra il 2000 e il 2014; ii) il miglioramento della qualità della vita, ad esempio, con l'incremento della superficie media delle abitazioni e la diffusione esponenziale di apparecchi tecnologici per la comunicazione, il comfort e il tempo libero delle famiglie⁵³ che, almeno fino al 2010, si sono tradotti in un aumento dell'intensità energetica per abitante; nell'ultimo decennio, anche grazie alle politiche per l'efficienza, tale tendenza si è invertita (Figura 3.3.2).
- Per i servizi, il *driver* è stato il processo di terziarizzazione, peraltro comune tra le economie avanzate, che è stato amplificato da un andamento dell'intensità energetica tendenzialmente crescente.
- Il settore agricolo ha mostrato un andamento dei consumi piuttosto stabile accompagnato da una intensità energetica che, seppure con delle oscillazioni, è oggi uguale a quella dell'anno 2000.

Figura 3.3.1 – Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali di energia, anni 2000-2018.

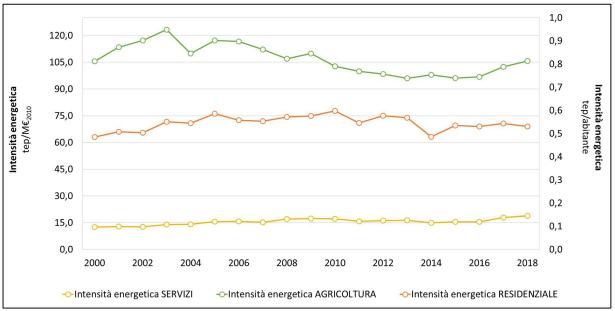
⁵² Sia per il residenziale che per i servizi, la presenza di fluttuazioni nel trend dei consumi è da ricondurre agli effetti delle variabili climatiche sui consumi per riscaldamento e raffrescamento. Ad esempio, i picchi negativi nel 2011 e 2014 derivano da stagioni invernali miti, con una riduzione delle necessità di riscaldamento invernale, mentre nel 2012 e nel 2017 le elevate temperature estive hanno ampliato la richiesta di raffrescamento.

⁵³ RSE, Scenari di evoluzione della domanda elettrica, Rapporto RdS 20000118, 2019



Fonte: Eurostat

Figura 3.3.2 – Settore Civile - Intensità energetica finale dei settori residenziale (tep/abitante), servizi e agricoltura (tep/M€2010), anni 2000-2018.



Fonte: Eurostat

A fronte di questa dinamica dei consumi è però cambiato il mix energetico (Figura 3.3.3). In quasi venti anni il consumo di prodotti petroliferi impiegati per il riscaldamento degli edifici e delle serre si è praticamente dimezzato, venendo progressivamente sostituito dal gas naturale e dalle fonti rinnovabili (i petroliferi sono però ancora impiegati per la movimentazione dei macchinari nel settore agricolo, dove rappresentano circa il 75% dei consumi).

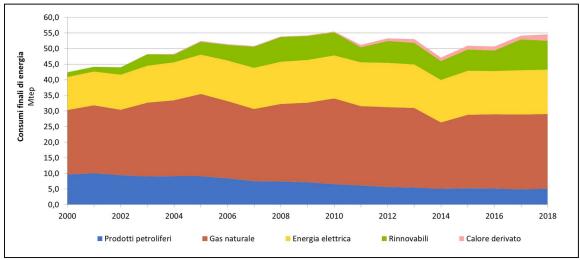


Figura 3.3.3 - Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali di energia per fonte, anni 2000-2018.

Fonte: Eurostat

Ragionando in termini di "quote" sui consumi finali:

- le rinnovabili hanno registrato una crescita significativa, aumentando di quasi cinque volte il loro contributo rispetto al 2000: tale successo sconta anche l'emersione nel settore residenziale del consumo di biomassa legnosa non contabilizzata nei circuiti economico-finanziari;
- il contributo del gas naturale, seppure gradualmente eroso dalla penetrazione delle fonti rinnovabili nel residenziale e del vettore elettrico nei servizi, continua tuttavia a rappresentare la fonte primaria nel civile, soprattutto per gli usi legati a riscaldamento, alla cottura e all'acqua calda sanitaria;
- il calore derivato ha relativamente guadagnato spazio nella struttura energetica finale, grazie, ad esempio, alla diffusione del teleriscaldamento nelle regioni del Centro e Nord Italia e a modelli virtuosi di recupero di calore e cogenerazione nelle attività agricole;
- la penetrazione del vettore elettrico ha seguito tre principali direttrici:
 - l'incremento della domanda di climatizzazione estiva degli edifici. Nel settore servizi, ad esempio, a partire dal 2000 i consumi di energia elettrica per il raffrescamento sono praticamente raddoppiati, accompagnati anche da una consistente diffusione delle pompe di calore mentre, nel settore residenziale, in soli 10 anni il numero di abitazioni dotate di impianti di condizionamento estivo è passato da circa il 25% a circa il 50% del totale⁵⁴. Al contrario, l'elettrificazione nel riscaldamento avanza ancora timidamente, arrivando complessivamente solo al 2% dei consumi totali (servizi e residenziale) per climatizzazione invernale;
 - o la diffusione di sistemi di refrigerazione e cottura nel commercio alimentare, di apparecchi ICT per gli uffici e dispositivi per le abitazioni. Nel residenziale, ad impieghi consolidati (quali televisore, frigorifero, lavatrice), si affiancano nuove tipologie di consumo legate alla trasformazione degli stili di vita, ad esempio, l'asciugatrice e la lavastoviglie o gli ormai onnipresenti dispositivi di comunicazione ed intrattenimento (smartphone, PC, tablet);
 - O l'illuminazione, che tuttavia ha avuto una dinamica peculiare. Ad una fase iniziale di crescita, che assecondava lo sviluppo economico dei servizi e l'aumento del numero di famiglie, è seguito un calo dei consumi a partire dal 2009, per effetto del graduale phase out delle lampade più inefficienti introdotto dal Regolamento (CE) n. 244/2009⁵⁵. A ciò bisogna inoltre

⁵⁴RSE, Scenari di evoluzione della domanda elettrica, Rapporto RdS 20000118, 2019

⁵⁵ Regolamento (CE) n. 244/2009 della Commissione, del 18 marzo 2009, recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lampade non direzionali per uso domestico

aggiungere il contributo derivante dagli interventi di efficienza energetica nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi, soprattutto per l'illuminazione pubblica.

In estrema sintesi, prendendo una prospettiva storica di lungo termine, risulta che le emissioni del settore civile sono state sinora contenute, oltre che dagli effetti dell'ultima crisi economica, da una progressiva ricomposizione del mix energetico e dalle misure di efficienza energetica.

3.3.2 Il quadro al 2050

A partire dagli elementi esposti, con lo Scenario di riferimento è stato delineato il punto di arrivo al 2050, considerando le ipotesi evolutive (presentate nel paragrafo 1.2) su valore aggiunto di servizi/agricoltura (in crescita, seppure contenuta) e popolazione/famiglie, nonché, come per gli altri settori, trascinando le tendenze energetico - ambientali "virtuose" innescate dal PNIEC (in termini di rinnovabili ed efficienza energetica, tra cui, in particolare, il tasso di ristrutturazione degli edifici pari a circa 0,9-1% m.a.).

Ne emerge una situazione al 2050 caratterizzata da tre elementi essenziali:

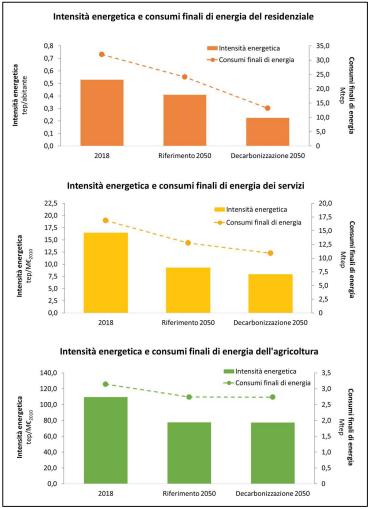
- i) l'intensità energetica dovrebbe sensibilmente migliorare (Figura 3.3.4): tale effetto è particolarmente visibile nel settore dei servizi dove, come già registrato nel comparto industriale, si riuscirebbe, già nello Scenario di riferimento, a sfruttare gran parte del potenziale di efficienza; il parametro intensità energetica migliorerebbe anche nell'agricoltura e, in misura minore, nel residenziale. In tale ultimo settore, l'intensità energetica, espressa in consumi pro capite, riflette il fatto che il calo della popolazione non è accompagnato dal calo del numero di famiglie, e quindi delle abitazioni;
- ii) ci si attende, contestualmente, un calo del livello dei consumi: questa contrazione segna una discontinuità rispetto alle dinamiche storiche di lungo periodo;
- iii) parimenti, dovrebbe proseguire la ricomposizione del mix energetico già avviata: calo di gas (che però conserva una quota di circa il 30% del totale) e i prodotti petroliferi (che resterebbero ancora impiegati nel settore agricolo).

Queste trasformazioni si traducono in un nuovo assetto emissivo: i settori dei servizi e del residenziale tagliano cumulativamente le emissioni di circa il 60% rispetto al 2017; nel settore agricolo la riduzione è resa invece difficoltosa dalle limitate opportunità di sostituzione dei prodotti petroliferi (Tabella 3.3.2).

Figura 3.3.4 – Settore Civile - Consumi finali di energia e intensità energetiche dei settori residenziale (tep/abitante), agricoltura e servizi⁵⁶ (tep/M€2010).

-

⁵⁶ Per lo scenario di decarbonizzazione sono considerati valori medi



Fonte: RSE

Nello Scenario di decarbonizzazione, si punta all'azzeramento delle emissioni anche del settore civile, obiettivo che richiede di combinare, nella maniera più efficace possibile, l'efficienza energetica, l'elettrificazione profonda degli usi finali e lo sviluppo delle fonti rinnovabili: in termini emissivi, lo sforzo da compiere è desumibile dalla Figura 3.3.5.

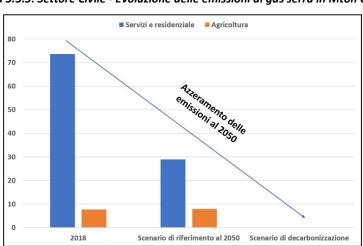


Figura 3.3.5: Settore Civile - Evoluzione delle emissioni di gas serra in Mton CO₂ eq

Fonte: ISPRA

3.3.3 Opzioni per la decarbonizzazione

Il percorso delineato nello Scenario di decarbonizzazione spinge su tendenze in realtà già in atto:

- 1. Efficienza energetica;
- 2. Elettrificazione dei consumi;
- 3. Switch verso combustibili alternativi (idrogeno, fuel sintetici, bioenergie).

Un aspetto specifico di questo settore, e soprattutto del residenziale e del terziario, è che il potenziale di efficienza energetica resta ancora significativo.

1. Efficienza energetica

Il primo asse di azione per la neutralità climatica continua ad essere la riduzione della domanda di energia tramite misure di efficienza energetica, soprattutto nel residenziale. Se con lo Scenario di riferimento le misure tendenziali previste nel PNIEC arrivano a contrarre i consumi finali del settore di circa il 25%, appare possibile dimezzare la richiesta di energia rispetto alla situazione attuale (Figura 3.3.5).

L'importanza dell'efficienza si evidenzia anche sotto un altro profilo: nello Scenario di decarbonizzazione, i consumi elettrici e da rinnovabili crescerebbero, in termini assoluti, molto poco rispetto allo Scenario di riferimento. Dunque lo sforzo aggiuntivo per la decarbonizzazione è da concentrare prevalentemente sull'efficienza energetica.

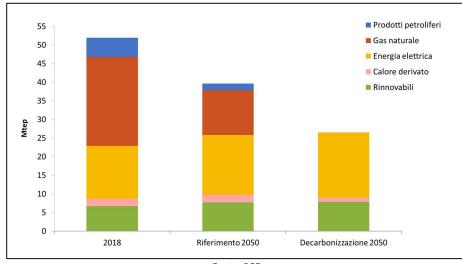


Figura 3.3.5: Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali per fonte⁵⁷, Mtep.

Fonte: RSE

Gran parte del contributo aggiuntivo di efficienza rispetto allo Scenario di riferimento viene dal comparto residenziale.

In questo contesto, risulterà determinante il rafforzamento dell'azione di riqualificazione energetica del parco immobiliare, sia residenziale che commerciale.

Il potenziale da aggredire è piuttosto sostanzioso. Dalla rassegna del parco immobiliare italiano contenuto nella Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN), emerge che oltre la metà degli edifici residenziali è stata costruita prima degli anni '70, mentre la percentuale scende a 22% per gli edifici ad uso ufficio. Gli edifici a destinazione d'uso residenziale risultano pari a 12,4 milioni. Oltre il 65% di tale parco edilizio ha più di 45 anni, ovvero è precedente alla legge n. 373 del 1976⁵⁸, prima legge sul

⁵⁷ Per lo scenario di decarbonizzazione sono considerati valori medi

⁵⁸ Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.

risparmio energetico. Di questi edifici, oltre il 25% registra consumi annuali da un minimo di 160 kWh/m² anno ad oltre 220 kWh/m² per cui le possibilità di intervento di efficienza energetica risultano significative.

Allo stato attuale vi è già una considerevole attenzione all'efficienza energetica dell'involucro edilizia, come testimoniano i diversi meccanismi a sostegno degli investimenti di ristrutturazione pubblica e privata, nonché il rigoroso quadro normativo relativo alle nuove costruzioni, prima fra tutti la Direttiva nZEB (nearly Zero Energy Building⁵⁹, che prenderà piena efficacia a partire dal 2021. Tuttavia, al 2050, meno del 40% delle abitazioni sarà riconducibile alla categoria delle nuove costruzioni, mentre la restante quota sarà ancora costituita da costruzioni antecedenti il 2011. Di conseguenza le performance energetiche del parco immobiliare dipenderanno largamente dalla riqualificazione dello "zoccolo duro" degli edifici esistenti. L'accrescimento dell'efficienza energetica degli edifici esistenti è oggetto della recente Strategia di lungo termine di riqualificazione del parco immobiliare nazionale (STREPIN), che approfondisce il tasso di riqualificazione degli edifici al 2030, in linea con il PNIEC e fornisce delle prime stime al 2050.

Per il settore residenziale, nel periodo 2030-2050, la STREPIN stima necessario uno sforzo aggiuntivo di riduzione dei consumi di energia finale rispetto al tasso di riqualificazione del PNIEC fino conseguire un tasso pari all'1,2% m.a.⁶⁰. Tale dato in particolare è relativo alla decarbonizzazione del settore residenziale⁶¹.

Con l'approccio di sistema della LTS, i diversi settori competono per l'acquisizione di energie pulite, come elettricità, biometano, e-fuel e idrogeno, e ne consegue un maggiore tasso di riqualificazione edilizia rispetto alla STREPIN, per il raggiungimento di una decarbonizzazione completa del settore residenziale.

Lo sforzo richiesto in tale senso è quantificabile in un tasso di ristrutturazione del 1,9-2% annuo, di cui circa l'80% *deep renovation*; si tratta di un obiettivo decisamente sfidante, non solo rispetto agli attuali tassi di ristrutturazione, ma anche in riferimento al tasso medio annuo di 0,9-1% previsto dal PNIEC e mantenuto nello scenario di Riferimento al 2050.

Per raggiungere il tasso di ristrutturazione richiesto saranno necessarie misure strutturali che incideranno sulla filiera edile con l'adozione di un approccio tecnologico innovativo (industrializzazione del processo di riqualificazione oggi fortemente caratterizzato dall'uso di manodopera) utile a ridurre/eliminare la necessità di liberare gli edifici dagli occupanti per la riqualificazione nonché i tempi e i costi di intervento. Sul fronte dei materiali impiegati, sarà importante il criterio della sostenibilità anche attraverso l'uso a cascata del legno e degli scarti delle sue lavorazioni per il miglioramento strutturale ed energetico degli edifici.

Questo sforzo in termini di efficientamento potrebbe essere agevolato da azioni sinergiche funzionali al raggiungimento di diversi obbiettivi: ad esempio, un rafforzamento delle politiche del verde urbano e periurbano, contenendo le isole di calore e diminuendo l'irraggiamento, può determinare una riduzione dei consumi energetici, fornire importanti servizi eco sistemici, avere un impatto positivo sulla salute in chiave di adattamento ai cambiamenti climatici (si veda il paragrafo 4).

2. Elettrificazione dei consumi

Come anticipato, i consumi energetici del settore, che residuano attuando le misure di efficienza (in particolare di riqualificazione degli edifici), dovrebbero essere coperti sostanzialmente con elettricità e rinnovabili. In particolare, nello Scenario di decarbonizzazione l'elettricità (ovviamente da rinnovabili) dovrebbe, superare il 65% dei consumi finali del settore civile.

Il comparto maggiormente interessato da questa trasformazione è senz'altro il riscaldamento, storicamente dominato dal gas naturale e dai prodotti petroliferi, sia nella climatizzazione degli edifici che nelle applicazioni

⁵⁹ Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia.

⁶⁰Si ricorda che la STREPIN si riferisce ad un <u>tasso virtuale</u> di ristrutturazione profonda, e cioè come se ogni intervento di ristrutturazione sia di carattere profondo, ovvero preveda interventi ingenti di ristrutturazione sia degli elementi edilizi che degli impianti

⁶¹ Le stime della STREPIN non prendono in considerazione la necessità di decarbonizzazione di tutti gli altri settori del sistema economico nazionale. Non sono, cioè, tenuti in conto gli effetti di sistema, in particolare la disponibilità dei vettori e delle fonti carbon free necessarie anche agli altri settori, o il bilanciamento con le emissioni indirette e le necessità infrastrutturali. In quest'ottica la STREPIN costituisce uno scenario di minimo tasso di riqualificazione nel lungo periodo.

agricole. Nello Scenario di decarbonizzazione i generatori di calore alimentati da combustibili fossili vengono sostituiti da pompe di calore elettriche tipicamente reversibili, in grado di funzionare in ciclo annuale sia per il servizio di raffrescamento che di riscaldamento, anche in abbinamento agli interventi di riqualificazione energetica. In particolare, si stima che nel settore residenziale circa il 70% delle abitazioni possa arrivare a impiegare una pompa di calore elettrica come impianto principale (Figura 3.3.6).

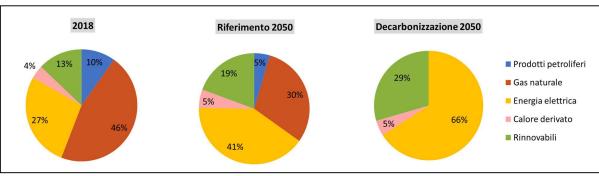


Figura 3.3.6: Settore civile - Evoluzione dei consumi finali per fonte⁶², Mtep.

Fonte: RSE

Inoltre, nel settore residenziale, oltre al riscaldamento, il vettore elettrico dovrebbe sostituire Il gas naturale in quasi tutti i sistemi di cottura. L'elettrificazione raggiunge anche il settore agricolo, dove al 2050 vengono introdotti piccoli macchinari agricoli a trazione elettrica.

3. Switch verso combustibili alternativi (idrogeno, fuel sintetici, bioenergie)

Insieme all'efficienza energetica e alla promozione del vettore elettrico (rinnovabile), l'uso diretto di fonti rinnovabili costituisce il terzo ingrediente fondamentale per l'obiettivo di neutralità carbonica nel settore civile.

Nello Scenario di decarbonizzazione quest'ultimo rappresenta circa il 30% dei consumi finali del settore civile, raddoppiando dunque lo *share* rispetto al 2018. Accanto a fonti "tradizionali", come il solare termico, le biomasse e l'uso di calore di scarto (anche in teleriscaldamento), potrebbero trovare spazio anche idrogeno, biometano ed *e-fuels*. Questi combustibili si prestano infatti all'impiego nel riscaldamento di edifici (ad esempio in aree molto fredde, dove le pompe di calore possono peraltro rivelare limiti tecnici e di efficienza) ma anche di serre agricole, laddove la penetrazione del vettore elettrico incontri barriere di tipo tecnico ed economico oppure nella movimentazione dei macchinari agricoli (*e-fuels*).

70

⁶² Per lo scenario di decarbonizzazione sono considerati valori medi

FOCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Civile

L'opzione numero uno per la decarbonizzazione del settore civile continuerà ad essere l'efficienza, in particolare degli edifici e nel residenziale, in cui occorrerà promuovere un tasso di riqualificazione degli edifici intorno al 2%/anno. Quanto alle tecnologie funzionali all'azzeramento delle emissioni di gas serra del settore, la Tabella 1, riporta una sintesi delle principali. Per una descrizione più approfondita si rimanda alle specifiche tabelle riportate in Allegato 2.

Tabella 1: Principali opzioni di decarbonizzazione per il settore civile

Tecnologia	Descrizione						
Impianti a biomassa: stufe, caldaie e caminetti a pellet o cippato	 Tecnologia consolidata e già ampiamente diffusa nel settore residenziale. possibile associare un filtro elettrostatico per ridurre anche le emissioni particolato. La biomassa, se prodotta e sfruttata in modo sostenibile, è un combustibile emissioni di CO₂ neutra. 						
Pompe di calore elettriche	• Le pompe di calore elettriche sono tecnologie di uso finale altamente efficienti (Coefficiente di Prestazione Stagionale, SCOP >3,5 con previsioni di incremento dell'efficienza al 2050) grazie alla quota di calore rinnovabile prelevato dall'ambiente.						
	• La stessa macchina può fornire calore per riscaldamento degli ambienti e per l'acqua calda sanitaria. Le pompe di calore reversibili, inoltre, forniscono anche il servizio di raffrescamento per la stagione estiva.						
	• La tecnologia si presta a soluzioni di <i>Demand-Side-Management</i> per aumentare la flessibilità al sistema elettrico.						
Pompe di calore a gas	• Le pompe di calore a gas sono tecnologie di uso finale integrabili anche negli edi esistenti dotati di termosifoni e situati in zone climatiche fredde: anche se la qu di calore rinnovabile prelevato dall'ambiente è inferiore a quella delle pompe calore elettriche, il rendimento (Seasonal Gas Utilization Efficiency, SGUE) comunque superiore a quello raggiungibile dalle caldaie a condensazione (SGU 1,4).						
Impianti solari termici	• La tecnologia converte direttamente l'energia solare in energia termica che può essere utilizzata per coprire il 100% della domanda di acqua calda sanitaria, e per integrare il sistema di riscaldamento principale degli ambienti.						
	• Ai fini della decarbonizzazione del sistema energetico, la tecnologia entra in competizione con il fotovoltaico, non solo in termini di costi, ma anche per quanto riguarda l'occupazione di spazio sui tetti.						
Teleriscaldamento tradizionale (alta temperatura, 70-100°C)	• Il teleriscaldamento permette di diversificare e sfruttare diverse fonti energetiche (anche rinnovabili) sul territorio e di recuperare il calore di scarto da processi industriali, dove presente.						
	• Installando sistemi di accumulo termico (anche stagionale), è possibile ottimizzare la gestione dell'energia sulle reti di teleriscaldamento (<i>Demand Side Management</i>) e contemporaneamente fornire flessibilità al sistema elettrico.						
	• È possibile integrare il servizio di teleraffrescamento.						
Teleriscaldamento a bassa temperatura (30-70°C)	• Rispetto al teleriscaldamento tradizionale, nelle reti a bassa temperatura ci sono più opportunità di decarbonizzazione poiché è possibile integrare fonti di calore con temperature minori di 100°C, in particolare: calore di scarto a bassa entalpia, impianti solari termici centralizzati, pompe di calore elettriche centralizzate ad alta efficienza.						
	• Le perdite di energia sono minori sulle reti a bassa temperatura, se paragonate con quelle ad alta temperatura (le perdite si attestano su valori < 10%).						

Fonte: PoliMI

3.4 Agricoltura

3.4.1 I trend storici

Rispetto agli altri comparti sin qui analizzati, il settore agricolo si trova in una condizione parzialmente diversa. Se da un lato contribuisce alle emissioni di gas serra, dall'altro subisce in maniera significativa l'impatto dei cambiamenti climatici e del degradamento della qualità dell'aria: eventi atmosferici estremi, ondate di calore e gelo, siccità e modifiche nei microclimi locali determinano, non solo, una minore produttività delle coltivazioni e degli allevamenti (si veda il Focus del Capitolo 1), ma anche costi legati alla necessità di porre rimedio ai danni subiti.

Ciò premesso, il settore è responsabile di circa il 7% del totale nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra corrispondenti a circa 30 Mton CO_2 eq nel 2018^{63} , delle quali circa 2/3 costituite da metano e circa 1/3 da protossido di azoto con una parte residua di anidride carbonica (Tabella 3.4.1).

Le emissioni di gas serra derivano per circa l'80% dagli allevamenti (dato dalle emissioni di metano da fermentazione enterica⁶⁴, di metano⁶⁵ e protossido di azoto⁶⁶ dallo stoccaggio delle deiezioni, di protossido di azoto dallo spargimento al suolo di deiezioni e dal pascolo), per il 10% dall'uso di fertilizzanti sintetici azotati, per il 5% dall'apporto di altri input azotati al suolo e per un altro 5% dalla coltivazione del riso. Nel 2018 dall'analisi dei dati ISPRA si rileva che le emissioni complessive sono diminuite del 13% rispetto ai livelli del 1990, a seguito della riduzione del numero di capi allevati, delle superfici e delle produzioni agricole, e grazie alla riduzione dei -fertilizzanti impiegati, dei cambiamenti introdotti nella gestione delle tecniche di allevamento e all'attuazione degli interventi della Politica Agricola Comune (PAC). Inoltre, negli ultimi anni, è aumentata la quota di energie rinnovabili sui consumi energetici nazionali, con una forte espansione del numero di impianti per la produzione di energia da biogas, da biomasse e fotovoltaico.

Tabella 3.4.1: Settore Agricoltura - Evoluzione storica emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CH ₄	21,3	20,5	19,2	19,1	19,2	19,1	19,2	19,0	19,2	19,3	19,4	19,3
N ₂ O	12,9	13,1	12,3	10,7	11,1	11,5	10,9	10,7	10,7	11,0	10,8	10,5
CO ₂	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
Totale	34,7	34,1	32,0	30,1	30,7	31,2	30,5	30,2	30,3	30,8	30,6	30,2

Fonte: ISPRA

3.4.2 Il quadro al 2050

Come anticipato nel paragrafo 1.2, per la definizione degli Scenari del settore agricolo al 2050 è necessario integrare le assunzioni sul valore aggiunto e popolazione con coerenti ulteriori ipotesi relative in particolare a:

⁶³ ISPRA, 2020 National Inventory Report 2020 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018 http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report/view

⁶⁴ Il metano (CH₄) è prodotto negli erbivori come sottoprodotto della fermentazione enterica, un processo digestivo attraverso il quale i carboidrati sono scomposti dai microrganismi in molecole semplici per l'assorbimento nel flusso sanguigno. La quantità di metano che viene rilasciata dipende dal tipo di apparato digerente, dall'età e dal peso dell'animale e dalla qualità e quantità del mangime consumato. I ruminanti (ad esempio bovini, ovini) sono la fonte principale di metano, poiché il loro apparato digerente molto complesso favorisce un'ampia fermentazione enterica della loro dieta. Quantità moderate di metano sono prodotte da bestiame non ruminante (ad esempio suini, cavalli) (2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*).

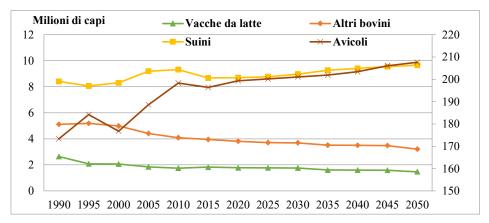
⁶⁵ La decomposizione delle deiezioni animali in condizioni anaerobiche (cioè in assenza di ossigeno), durante lo stoccaggio e il trattamento, produce metano. Queste condizioni si verificano più facilmente quando un gran numero di animali viene gestito in un'area confinata (ad esempio in allevamenti intensivi) e in cui le deiezioni vengono gestite in sistemi a base liquida (2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*).

 $^{^{66}}$ Le emissioni dirette di protossido di azoto (N₂O) si verificano attraverso i processi di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto contenuto nelle deiezioni animali. L'emissione di N₂O dalle deiezioni durante lo stoccaggio e il trattamento dipende dal contenuto di azoto e carbonio nelle deiezioni, dalla durata dello stoccaggio e dal tipo di trattamento (2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*).

- l'andamento dei capi allevati, che segna una relativa flessione del numero di vacche da latte/altri bovini e un incremento di suini/avicoli⁶⁷;
- la produzione di latte vaccino a capo, mantenuto in linea con i livelli, storicamente sostenuti, degli ultimi anni;
- il consumo di fertilizzanti sintetici azotati che flette progressivamente nell'arco della previsione⁶⁸.

Gli andamenti dei parametri sono riportati in Figura 3.4.1.

Figura 3.4.1: Settore Agricoltura – Andamento numero di capi allevati (dati storici dell'inventario nazionale delle emissioni e scenari stimati con il modello ENEA), produzione di latte per vacca (in kg/capo/giorno) e consumo di azoto contenuto nei fertilizzanti sintetici (in t N): andamento storico (1990-2018) da dati inventario e proiezione 2020-2050 da elaborazione su scenari previsione ENEA



Nota: l'asse di destra del grafico indica l'andamento della consistenza degli avicoli

_

⁶⁷ L'andamento dei capi è stato stimato tramite l'applicazione di un modello ("modello ENEA") basato su parametri quali la popolazione, le produzioni e i consumi alimentari. La popolazione di riferimento considerata è quella stimata da EUROSTAT ed utilizzata dal modello Potencia (D'Elia e Peschi, 2013: Lo scenario emissivo nazionale nella negoziazione internazionale). Il modello impiegato si basa sulla costruzione di rapporti con i parametri considerati e dall'osservazione degli andamenti storici di questi rapporti. A prescindere dall'andamento della popolazione, il rapporto dei consumi di carne totale pro capite è stato mantenuto inalterato, considerando l'evoluzione storica dell'andamento ed estendendolo al 2050, mantenendolo sostanzialmente stabile (Fonte ISMEA: http://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/3562). Si sono tuttavia considerate le statistiche di settore (http://www.ismeamercati.it/carni) relative al consumo di carne per categoria animale: rispetto al consumo di carne totale, si è ridotto il consumo di carne dai bovini, mentre è leggermente cresciuto per suini e avicoli (si assume un maggiore consumo di carne bianca rispetto alla carne rossa sul totale di carne consumata). Per le vacche da latte, il rapporto della produzione di latte vaccino (pari a circa il 94% del totale di latte prodotto) rispetto alla produzione di latte totale è stato assunto sostanzialmente stabile fino al 2050 e il consumo pro capite (rapporto tra produzione totale di latte vaccino e popolazione) è stato considerato fisso dal 2020 in poi e pari a 0.2, secondo quanto osservato per l'anno 2017 sulla base dei dati EUROSTAT. Per le galline da covata, è stato assunto un leggero aumento del consumo di uova pro capite ed una sostanziale stabilità (intorno all'unità) del rapporto tra produzione e consumo di uova (EUROSTAT: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro ec strhen&lang=en e FAO: http://www.fao.org/faostat/en/#home). Per la stima delle superfici e produzioni agricole, si rimanda al paragrafo relativo al settore LULUCF. Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore Agricoltura sono riportati nel capitolo 5 e annesso 7 del National Inventory Report (NIR), pubblicato annualmente da ISPRA.

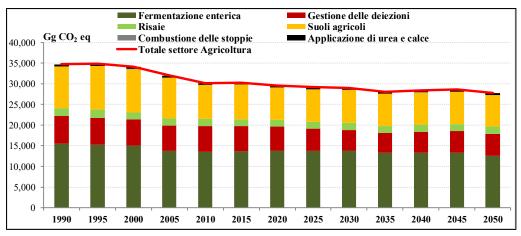
⁶⁸ Sulla base delle più recenti proiezioni dell'Associazione di categoria dei produttori europei di fertilizzanti sintetici (Fertilizers Europe), si assume una riduzione complessiva dei consumi di azoto dal 2020 al 2030 pari a circa l'1.5%, suddiviso tra urea e altri fertilizzanti azotati sintetici; dal 2030 in poi, il valore è stato variato in funzione delle proiezioni della superficie agricola utilizzata. La suddivisione è stata effettuata in base al rapporto della serie storica dei dati, ossia assegnando il 60% dei consumi totali di fertilizzanti azotati all'urea e il restante 40% agli altri fertilizzanti azotati.



Fonte: ISPRA

Partendo da questo set di input, nello Scenario di riferimento si trascinano le dinamiche del PNIEC includendo le misure previste al 2030 negli ambiti della direttiva Nitrati e dei Programmi di Azione Nitrati, nel documento *Best Available Techniques* (BAT) *Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs* del 2017 e nei Piani Aria e nei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) di alcune regioni. In particolare si considerano cambiamenti parziali relativi all'alimentazione degli animali (considerando diete a basso tenore proteico), sulla tipologia di ricoveri degli animali, sullo stoccaggio (incluso il trattamento dei reflui zootecnici negli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas) e sullo spandimento delle deiezioni zootecniche per le categorie animali bovini, suini e avicoli⁶⁹. Nella figura seguente si riporta il punto di caduta dello Scenario di riferimento al 2050: il livello delle emissioni risulta inferiore di quasi il 10% rispetto ai valori del 2018 e di circa 20% rispetto al dato del 1990.

Figura 3.4.2: Settore Agricoltura – Scenario di riferimento - Proiezione delle stime di emissioni di gas serra del settore agricoltura (espresse in CO₂eq)



Fonte: ISPRA

3.4.3 Opzioni per la decarbonizzazione

Nello Scenario di decarbonizzazione, fermo restando il ruolo delle bioenergie, sono incluse diverse pratiche di riduzione delle emissioni che impattano sia la gestione degli allevamenti che quella dei terreni agricoli.

In particolare, sul fronte degli allevamenti si evidenzia:

• l'alimentazione degli animali con diete a ridotto tenore proteico e il miglioramento della digeribilità 70 della dieta nelle vacche da latte per ridurre il fattore di conversione in metano (Ym) della sostanza

⁶⁹ Studio per la valutazione degli effetti sulle emissioni delle trasformazioni in corso nel settore degli allevamenti, a cura di CRPA, Reggio Emilia, 2018.

⁷⁰ La digeribilità del mangime è nota come la porzione di energia lorda nel mangime non escreto nelle feci ed è comunemente espressa in % di energia lorda nel mangime. La % di mangime che non viene digerita, rappresenta la % di sostanza secca assunta che verrà escreta come feci. Maggiore è la digeribilità della dieta delle vacche da latte minore sarà la quantità di sostanza secca che dovrà assumere l'animale per il mantenimento, l'allattamento e la gravidanza. Ciò comporterà che il fattore di emissione di metano,

- secca ingerita: si arriverebbe così a garantire un'elevata diffusione di tecniche a media/alta efficienza per la quasi totalità dei capi;
- la gestione dei ricoveri con l'applicazione delle BAT che prevedono, tra le altre cose, una rimozione frequente del liquame e un mantenimento delle lettiere pulite; a queste si aggiungono ulteriori interventi particolarmente utili a seconda del comparto zootecnico a cui si applicano quali le voliere per gli avicoli piuttosto che una buona climatizzazione dei ricoveri per i bovini (per maggior dettaglio si veda il Focus alla fine del paragrafo);
- lo stoccaggio delle deiezioni, con l'applicazione di tecniche di copertura (ad. es. con materiali naturali quali la paglia, stocchi di mais, oli vegetali, argilla espansa o con materiali plastici galleggianti ovvero solidi e non permeabili) e una quota dell'80-90% avviata ai digestori anaerobici;
- l'utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici con una riduzione di superficie o tempo di contatto fra gli effluenti e l'atmosfera.

Sul fronte della gestione dei suoli agricoli, si agisce sull'apporto di azoto nel suolo con:

- la diffusione delle tecniche dell'Agricoltura di Precisione (AdP)⁷¹: come noto, infatti, l'impiego di nuove tecnologie in agricoltura contribuisce a contenere l'energia impiegata, a limitare le emissioni di gas serra, a migliorare la produzione, ad aumentare l'efficienza delle macchine impiegate, ad elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli, nonché a diminuire gli impatti ambientali determinati dai sistemi agricoli mediante la riduzione dell'impiego di taluni input produttivi come, ad esempio, i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari;
- la riduzione negli anni delle superfici e delle produzioni agricole⁷².

A conti fatti, nello Scenario di decarbonizzazione (Figura 3.4.3), le emissioni del settore al 2050 risulterebbero inferiori a quelle stimate nello Scenario di riferimento del 15-20%, attestandosi poco sopra le 20 Mt CO₂ eq. Questa riduzione deriverebbe in maggior misura dal miglioramento nello stoccaggio/trattamento delle deiezioni cui si aggiungerebbero la riduzione emissiva da fermentazione enterica e dalla gestione dei suoli agricoli⁷³.

derivante dalla fermentazione enterica delle vacche da latte, sarà più basso, poiché è calcolato moltiplicando la sostanza secca ingerita per la percentuale di sostanza secca che andrà persa e convertita in metano (fattore di conversione in metano (Ym) della sostanza secca ingerita). Il valore è stato calcolato, in collaborazione con il CRPA, come media pesata dei valori di digeribilità attribuiti in funzione dei livelli di produttività (alta, media e bassa) annua per capo (nelle linee guida IPCC, una produzione medio annua>8500 kg di latte prodotto per capo all'anno, è considerato un livello di produttività alta; tra 5000 e 8500 kg di latte prodotto per capo all'anno, è considerato un livello medio e <5000 kg di latte prodotto a capo equivale ad un livello di produttività basso) e calcolando, altresì, la distribuzione delle vacche da latte secondo i medesimi livelli di produttività. Sulla base dei dati dell'Associazione Italiana Allevatori, relativi alla produzione media annua di latte e numero di lattazioni (numero di vacche da latte in produzione), per regione e per razza, è stata calcolata la distribuzione dei capi secondo i tre livelli di produttività. Per l'anno 2018, le percentuali di vacche da latte sono, secondo i tre livelli di produttività, pari a 72.9%, 14.9% e 12.2% e si assume che tali percentuali diventino pari a 90%, 10% e 0%, per il 2050. I valori di digeribilità associati a questi livelli di produttività sono rispettivamente pari a 70%, 65% e 62%. Con questi dati è stato quindi calcolato il valore di digeribilità della dieta assunta dalle vacche da latte pari a 69.6%.

⁷¹ Stimata una riduzione di consumo di azoto pari all'8% circa. Tale valore è dato dal prodotto tra 16%, che corrisponde ad una riduzione del consumo di azoto dovuta alla diffusione delle tecniche dell'agricoltura di precisione (AdP), e 50% che corrisponde alla percentuale della Superficie Agricola Utilizzata (SAU) destinata ai seminativi.

⁷² Stimata una riduzione di consumo di azoto del 14% dovuta alla riduzione negli anni delle superfici e delle produzioni agricole.

⁷³ Lo Scenario di decarbonizzazione per il settore agricoltura non tiene conto delle emissioni di gas serra delle macchine agricole per le quali comunque è previsto il totale rinnovo, come illustrato nel paragrafo 3.3, con emissioni nulle al 2050.

scenario di riferimento - scenario di decarbonizzazione Gg CO₂ eq 34,000 32,000 30,000 28,000 26,000 24,000 22,000 20,000 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050

Figura 3.4.3: Settore Agricoltura – Scenario di decarbonizzazione

Fonte: ISPRA

FOCUS: Sintesi delle principali opzioni di decarbonizzazione per il Settore Agricoltura

La Tabella 1 riporta una sintesi delle principali opzioni di riduzione delle emissioni considerate nello Scenario di riferimento e di decarbonizzazione per il settore agricoltura, distinte per fasi di gestione degli allevamenti e per categoria animale (riportate nello studio sulla valutazione degli impatti delle pratiche agricole sulle emissioni nel settore degli allevamenti, condotto dal Centro Ricerche Produzioni Animali -CRPA-, effettuato per conto di ISPRA nel 2018⁷⁴) e per i suoli agricoli.

Tabella 1: Principali opzioni di decarbonizzazione per il settore agricoltura

Fase di gestione degli allevamenti	Opzioni				
Alimentazione degli animali	• diete a ridotto tenore proteico. Tale tecnica è prevista nel documento <i>Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs</i> del 2017 nell'ambito della direttiva IED.				
Ricoveri dei bovini	• rimozione frequente delle deiezioni;				
	• rinnovo frequente delle lettiere;				
	• mantenimento nei limiti degli spazi minimi previsti delle aree esterne di esercizio (paddock), provvedendo a una regolare e frequente pulizia;				
	\bullet buona climatizzazione dei ricoveri, con coibentazione del tetto e/o ventilazione naturale controllata automaticamente.				
Ricoveri dei suini	• misure descritte nelle BAT;				
	• sistemi di riduzione delle superfici emissive del liquame;				
	• sistemi di rimozione rapida del liquame;				
	• sistemi di raccolta separata feci-urine;				
	• mantenimento delle lettiere asciutte e pulite. La tecnica di stabulazione maggiormente diffusa in Italia è il <i>vacuum system</i> su pavimento totalmente e parzialmente fessurato.				
Ricoveri degli avicoli	• misure descritte nelle BAT;				
	• per le galline ovaiole: interventi di disidratazione della pollina, che portano ad un rallentamento del processo di decomposizione;				
	• le gabbie modificate o arricchite (ai sensi della direttiva sul benessere animale 1999/74/CE);				
	• i sistemi alternativi alle gabbie (a terra con lettiera, con accesso all'esterno, aviari o voliere);				
	• nastro di asportazione delle deiezioni, con sistema di ventilazione della pollina (gabbie arricchite);				
	• voliere con strutture su più livelli con nastro di asportazione sotto i livelli (sistemi alternativi);				
	• per i polli da carne: le BAT prevedono gli allevamenti su lettiera e per ridurre le emissioni è necessario mantenere la lettiera asciutta, con ventilazione ed abbeveratoi antispreco.				
Stoccaggio delle deiezioni animali	• riduzione della circolazione dell'aria sulla superficie esposta, mediante diverse forme di copertura o riducendo il rapporto superficie esposta/volume;				
	• formazione di croste superficiali, che in talune condizioni già spontaneamente si formano;				

⁷⁴ Studio per la valutazione degli effetti sulle emissioni delle trasformazioni in corso nel settore degli allevamenti, a cura di CRPA, Reggio Emilia, 2018

- uso di strati di copertura fatti di materiali naturali (paglia, stocchi di mais, oli vegetali, argilla espansa) o di materiali plastici galleggianti;
- coperture solide e non permeabili, in cemento o teli plastici;
- sostituzione dei bacini in terra con vasche a pareti verticali con basso rapporto superficie volume (altezza maggiore di 5m), come efficace via per ridurre le emissioni;
- biogas.

Utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici

• riduzione della superficie o del tempo di contatto fra gli effluenti e l'atmosfera.

Nel caso di effluenti liquidi:

- iniezione diretta (profonda o poco profonda);
- spandimento rasoterra in bande con tubi di convogliamento, eventualmente attrezzati con appositi deflettori (*trailing hose* e *trailing shoe*);
- liquami molto diluiti, quali le frazioni chiarificate che derivano dalla separazione solido/liquido del liquame tal quale o dei digestati, hanno una migliore capacità di infiltrazione nel terreno e risultano potenzialmente meno emissivi. L'efficacia nella riduzione delle emissioni e nell'aumento dell'efficienza dell'azoto conseguibile con tecniche di distribuzione di queste tipologie di liquami (ad es. fertirrigazione) meritano di essere valutate e approfondite.

Nel caso degli effluenti solidi/palabili:

• l'incorporazione deve avvenire in modo dilazionato ed è essenziale che il tempo che intercorre fra le due operazioni sia il più breve possibile (possibilmente inferiore alle quattro ore).

Suoli Agricoli

Opzioni

Gestione dei suoli agricoli

- tecniche dell'Agricoltura di Precisione (AdP): modalità di gestione dei processi produttivi che utilizzano indicazioni provenienti da fonti tecnologiche in grado di raccogliere informazioni, analizzarle opportunamente, prendere delle decisioni conseguenti e attuarle efficacemente grazie all'integrazione di differenti discipline (quali ad es. agronomiche, meteorologiche, informatiche, meccatroniche, ecc...);
- macchine spandiconcime⁷⁵;
- riduzione dell'azoto lisciviato tramite la fertilizzazione a dosaggio variabile con i principi dell'AdP (attraverso le mappe di prescrizione, date dalla sovrapposizione di informazioni sulla tipologia dei suoli e delle colture). Tale tecnica viene applicata realmente da non più di 200 aziende in tutta Italia e solo per quanto riguarda il controllo della concimazione, sia minerale che organica. La riduzione dell'azoto perso per lisciviazione contribuirà a ridurre le emissioni indirette di protossido di azoto dalla categoria emissiva suoli agricoli.

⁷⁵ Bisaglia, 2018 Agricoltura di precisione in Italia: un'opportunità di aggiornamento delle agrotecniche, di sviluppo professionale e di efficienza del settore" pubblicato su Agriregionieuropa anno 14 n°53, Giugno 2018;

3.4.4 Legami con le politiche di sviluppo agricolo e rurale

L'attivazione delle opzioni considerate può avere importanti ricadute socio - economiche sulle aree interessate, favorendo la permanenza dei residenti in zone rurali e montane rafforzando la loro funzione di presidio territoriale da considerarsi vitale per il territorio stesso.

In questa prospettiva, vanno messe a sistema diverse fonti di finanziamento, quali i programmi LIFE per l'ambiente ed il clima, i programmi Horizon 2020 e i fondi per lo sviluppo rurale, integrati con fondi strutturali, politiche nazionali nonché fondi derivanti dal Recovery fund e dal Quadro Finanziario Pluriennale 2021-2027. In particolare, le future programmazioni della PAC dovrebbero:

- supportare e finanziare le azioni riguardanti l'informazione, la formazione, l'assistenza tecnica e la consulenza per agevolare la transizione e il cambiamento di paradigma del settore agricolo;
- incentivare l'adozione e la diffusione di sistemi di gestione avanzata attraverso l'utilizzo delle tecnologie innovative, quale le tecniche di agricoltura di precisione⁷⁶, per favorire l'efficienza economica, la redditività e la sostenibilità ambientale del settore; in tale prospettiva, si possono combinare i finanziamenti con altre risorse (anche con la creazione di un fondo dedicato);
- confermare gli schemi di pagamento per il miglioramento del benessere degli animali, che prevedono impegni volontari in diverse aree d'intervento, come ad esempio quella della nutrizione animale bilanciata e sostenibile;
- favorire l'uso sostenibile a cascata delle materie prime e dei sottoprodotti derivanti dai processi di lavorazione del settore agricolo – zootecnico, l'efficientamento delle filiere produttive, includendo anche la loro innovazione logistica ed organizzativa, e la diffusione delle conoscenze sui trattamenti in grado di valorizzare il digestato; in questa prospettiva si collocano gli investimenti in impianti energetici ed i pagamenti agro-climatici-ambientali per la distribuzione del digestato in campo come ammendante e concimante;
- supportare l'abbattimento delle emissioni di gas climalteranti con la copertura degli stoccaggi delle deiezioni, da finanziare come misure di "investimenti non produttivi";
- incentivare adeguatamente l'ammodernamento delle macchine agricole;
- sostenere azioni selvicolturali di prevenzione degli incendi boschivi, considerati una delle principali criticità da superare per raggiungere l'obiettivo auspicato dei 45 Mt CO₂ eq assorbite (si veda il prossimo paragrafo);
- promuovere progetti di ricerca, di trasferimento e di supporto all'adozione di tecniche innovative specifiche per colture e territori anche per il settore LULUCF (si veda il prossimo paragrafo).

In generale, come evidenziato nella Strategia Farm to Fork (COM(2020) 381 final), la "bioeconomia circolare" presenta un potenziale largamente non sfruttato per gli agricoltori e le loro cooperative. Oltre a sfruttare il "potenziale energetico" generato dalle attività agricole (reflui, altri sottoprodotti, fotovoltaico sui fabbricati rurali), possono trovare più spazio realtà come le bioraffinerie avanzate (per la produzione di biofertilizzanti, mangimi proteici, bioenergia e sostanze biochimiche), che offrono opportunità per la transizione verso un'economia europea a impatto climatico zero e la creazione di nuovi posti di lavoro.

Sul piano programmatico, gli orientamenti emersi nelle recenti strategie della Commissione europea (dal *Green Deal* al *Farm to Fork*) saranno comunque anche considerati anche in una prospettiva di medio termine, con il prossimo aggiornamento del PNIEC.

⁷⁶Tecniche di agricoltura di precisione coerenti con le "Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia" adottate con DM del MIPAAF n. 33671 del 22 dicembre 2017, al fine di incrementare sia la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) che il livello di sostenibilità ambientale del settore.

3.5 Destinazione del suolo, cambiamenti di destinazione del suolo e silvicoltura (LULUCF)

3.5.1 I trend storici

Il settore LULUCF ha la capacità di generare degli assorbimenti netti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Nel 2018, si è registrato un saldo emissivo positivo di 36 Mton CO₂ eq⁷⁷, livello in linea con la media degli ultimi 20 anni ma inferiore di quasi 10 Mton CO₂ eq rispetto al picco del 2015. Il principale contributo al risultato, comunque influenzato dalla variabilità di frequenza/intensità degli incendi, deriva dalle foreste e dalla gestione dei pascoli (Tabella 3.5.1).

Tabella 3.5.1: Settore LULUCF - Evoluzione storica emissioni di gas serra in Mton CO2 eq

	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LULUCF	-3.56	-20.90	-35.10	-41.97	-33.95	-25.02	-39.97	-41.09	-43.61	-40.23	-21.36	-36.27
Forest land (FL) (foreste)	-17.36	-25.72	-34.56	-36.59	-32.57	-28.23	-37.47	-38.62	-39.95	-36.89	-21.43	-33.39
Cropland (CL) (seminativi e coltivazioni legnose)	2.43	-0.12	-1.61	-0.84	0.82	2.06	1.81	1.35	0.60	-0.74	-0.49	-0.03
Grassland (GL) (prati e pascoli, altre terre boscate)	4.59	-1.61	-6.26	-9.22	-7.17	-4.03	-9.53	-8.97	-9.31	-8.25	-4.85	-8.27
Wetlands (WL) (zone umide)	0.00	0.01	0.01	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.05	0.05	0.05
Settlements (SL) (insediamenti urbani)	7.14	6.98	7.80	4.68	4.69	4.69	4.70	4.71	4.73	5.54	5.54	5.55
Harvested wood products (HWP) (prodotti legnosi)	-0.39	-0.45	-0.50	-0.14	0.15	0.35	0.38	0.30	0.20	0.06	-0.20	-0.18
Other land (OL) (altre terre)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: ISPRA

3.5.2 Il quadro al 2050

Come nel caso dell'agricoltura, per tracciare gli Scenari al 2050 sono necessarie delle ipotesi specifiche di settore.

Il punto di partenza è la definizione delle proiezioni circa la destinazione e l'eventuale cambiamento di uso del suolo (si veda la Figura 3.5.1). Al riguardo:

- per le superfici agricole, si assume una tendenza in crescita fino al 2040 e, successivamente, una stabilizzazione⁷⁸. Tale profilo è determinato dall'incremento delle aree cerealicole e da una decrescita delle coltivazioni legnose e industriali;
- per le superfici foraggere (temporanee e permanenti)⁷⁹, si evidenzia una decrescita, conseguente alla previsione di riduzione dei capi al pascolo, descritta nel paragrafo sull'agricoltura;
- gli insediamenti urbani, in linea con l'obiettivo di limitare il consumo di suolo, non si espandono rispetto ai livelli attuali mentre la superficie forestale cresce fino al 2030 per poi rimanere costante.

⁷⁷ ISPRA, 2020 National Inventory Report 2020 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018 http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report/view

⁷⁸ Per le stime sono stati impiegati i tassi di variazione percentuale risultanti dagli scenari FAO per l'Italia applicati alla serie storica nazionale, per le macrocategorie *coltivazioni legnose, cereali, coltivazioni industriali* e *altro* (legumi, ortaggi, tuberi), incluse nella categoria *cropland*. Le proiezioni delle superfici agricole sono state sviluppate a partire dagli scenari FAO (FAO Global Agriculture Perspectives System (GAPS) in FAO. 2018. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050 Rome; FAO Global Perspectives Studies. Data for 1961–2011 from FAO, 2016a; data for 2030 and 2050 from Alexandratos and Bruinsma, 2012), elaborati per l'Italia con il modello GAPS (*Global Agriculture Perspectives System*); il GAPS è un modello di equilibrio parziale del mercato per gli equivalenti primari delle materie prime agricole (*commodities*) e dei prodotti alimentari trasformati selezionati, ed utilizza i set di dati FAOSTAT, in primis produzione agricola e *food-balances*; in particolare è stato calibrato con i dati FAOSTAT (FAOSTAT Food Balance Sheets: http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS/report) per il periodo 2011-2013; le stime per il periodo 2030-2050 sono state effettuate con i dati prodotti da Alexandratos, N. and J. Bruinsma 2012 (World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO).

⁷⁹ Le stime sono basate sulla media 2012-2017 del rapporto capi/ettaro (consistenza capi (UBA) su superficie totale foraggere.

Al riguardo, coerentemente con quanto riportato nel Piano Nazionale della Contabilizzazione Forestale⁸⁰ e nella Strategia Forestale Nazionale (SFN)⁸¹, è stato anche ipotizzato che la gestione forestale in Italia possa aumentare le attività di prelievo⁸² fino ad un massimo del 40-45% dell'incremento annuo, partendo dall'attuale utilizzo stimato del 33% (RAF, 2019)⁸³. L'utilizzo di prodotti forestali per fornire energia in sostituzione di materiali non rinnovabili (e in particolare biomassa a uso termico), è comunque stato già considerato nei paragrafi precedenti.

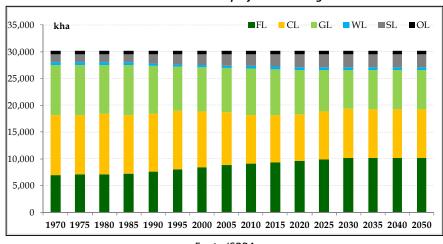


Figura 3.5.1: Settore LULUCF-Proiezione delle superfici delle categorie di uso del suolo LULUCF

Fonte ISPRA

Tenendo conto di queste proiezioni di uso e variazioni di uso del suolo e, soprattutto, dei modelli climatici descritti nel Focus di cui al Capitolo 1⁸⁴, nello Scenario di riferimento, è stato incluso anche un aumento significativo di frequenza/intensità degli incendi (Figura 3.5.2), con la superficie interessata che potrebbe quasi raddoppiare rispetto alla media di lungo periodo. Gli effetti sul piano emissivo risultano significativi anche perché connessi ad una pluralità di gas climalteranti (anidride carbonica, metano, protossido di azoto).

⁸⁰ Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (2019). National Forestry Accounting Plan (NFAP) Italy: https://www.minambiente.it/pagina/lulucf

⁸¹ Il documento è attualmente in fase di redazione da parte del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali ed è stato presentato unicamente in formato di prima proposta per la consultazione pubblica. Il "Libro bianco dei Boschi d'Italia - Verso una nuova Strategia forestale nazionale" redatto dal CREA nell'ambito del progetto RRN e raccoglie i contributi, le osservazioni e i suggerimenti degli attori politici ed economici, dei soggetti pubblici, dei rappresentanti del settore forestale, delle aziende e imprese, degli operatori, delle associazioni, delle istituzioni, degli enti di ricerca e degli stakeholder che hanno partecipato al lungo processo di consultazione del Forum Nazionale delle Foreste promosso dal Ministero nell'ambito delle attività della Rete Rurale Nazionale 2014-2020. (cfr. https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19358).

⁸² Al fine di verificare la fattibilità di un maggiore incremento dei prelievi forestali, è stata realizzata una simulazione di un aumento dei prelievi legnosi del 50% rispetto al periodo 2010-2020 dalla quale risulta che gli assorbimenti subirebbero una pesante contrazione tanto che il settore LULUCF non sarebbe in grado di rispettare l'obbligo di neutralità al 2030 e le emissioni del settore LULUCF che eccedono lo zero andrebbero compensate con riduzioni aggiuntive a carico dei settori non-ETS.

⁸³ RAF Italia 2017-2018 - Rapporto nazionale sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia (2019), Prodotto dalla Rete Rurale Nazionale (RRN 2014-2020), Compagnia delle Foreste, Arezzo, ISBN 9788898850341.

⁸⁴ Si è considerato lo scenario A1B intermedio fra RCP4.5 e RCP8.5, per i periodi di riferimento e futuri 2036-2065 centrato al 2050.

GL kha CL FL Superficie totale percorsa da incendio

Figura 3.5.2: Settore LULUCF – Proiezione aumento superficie percorsa da incendi

Fonte ISPRA

Su queste basi, seguendo la metodologia dell'*Intergovermental Panel on Climate Change* (IPCC), lo Scenario di riferimento restituisce un quadro con assorbimenti netti per poco meno di 25 Mton CO₂ eq, quindi inferiore rispetto al livello attuale (Figura 3.5.3). Questo risultato riflette, da un lato, un incremento emissivo nelle superfici agricole e foraggere (in particolare, per effetto degli incendi) contrastato dal sostanziale mantenimento della capacità di assorbimento forestale e dall'arresto dell'espansione urbana⁸⁵.

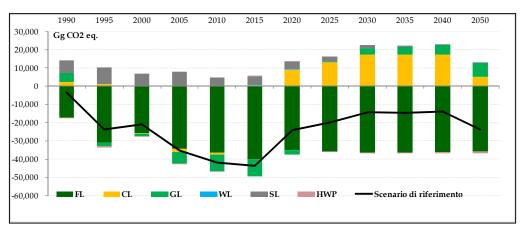


Figura 3.5.3: Settore LULUCF – Scenario di riferimento - Proiezioni di emissioni e degli assorbimenti di gas serra dal settore LULUCF

Fonte ISPRA

1.1.1 Opzioni per la decarbonizzazione

Nel caso del LULUCF le opzioni considerate sono mirate ad incrementare gli assorbimenti netti. In particolare con:

⁸⁵ In particolare, gli assorbimenti forestali sono stati stimati tramite il modello For-est (descritto nell'annesso 14 del NIR) e le proiezioni di emissioni ed assorbimenti al 2050 sono state effettuate, per ogni categoria di uso del suolo, suddivisa in "land remaining land" e "land converted to other land", utilizzando un fattore di carbon stock change derivato dal rapporto tra la media degli assorbimenti e delle emissioni di gas serra e la media delle superfici nel periodo 2012-2017. Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore LULUCF sono riportati nei capitoli 6, 9 e annesso 10 del NIR.

- gli aumenti del carbonio stoccato nel suolo, attraverso un miglioramento delle pratiche agricole e di uso del suolo con l'applicazione crescente di tecniche virtuose sul piano emissivo, quali: la minima lavorazione del suolo, la concimazione organica dei suoli, le pratiche conservative e i metodi di coltivazioni sostenibili tra i quali l'agricoltura biologica e quella integrata, le pratiche conservative e il "set aside"86. Peraltro, con la gestione sostenibile del suolo (protezione e conservazione) si raggiungono diversi obiettivi ambientali: si aumenta la produzione agroalimentare, si conserva la biodiversità, si favorisce la qualità nutrizionale degli alimenti, si regola la qualità dell'acqua, si limitano fenomeni idrologici estremi. Viceversa, pratiche agronomiche non virtuose possono degradare il suolo e ampliare gli effetti dei cambiamenti climatici;
- una azione rafforzata di prevenzione incendi, con la realizzazione di infrastrutture di protezione e sistemi di allerta. L'applicazione diffusa sul territorio dovrebbe consentire di mantenere al 2050 una superfice percorsa da incendi pari a quella media registrata nel periodo 2008-2017.

Su queste basi, lo Scenario di decarbonizzazione prevede, nel 2050, che il settore LULUCF possa generare assorbimenti netti per quasi 45 Mton CO₂ eq, livello in linea con il massimo raggiunto nel 2015 (Figura 3.5.4).

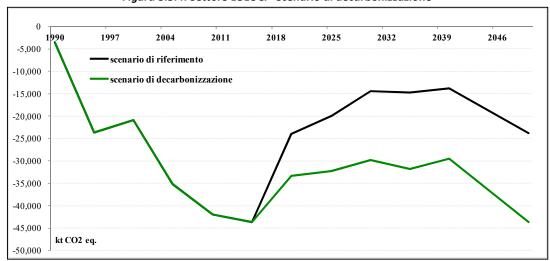


Figura 3.5.4: Settore LULUCF-Scenario di decarbonizzazione

Fonte ISPRA

⁸⁶Per la quantificazione dello stock di carbonio organico (SOC) attribuibile alle diverse pratiche si è applicata l'equazione 2.25 delle linee guida 2006 IPCC (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas InventoriesProgramme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan), a livello regionale

FOCUS: Contributo alla decarbonizazzione del Settore LULUCF

La gestione sostenibile del suolo è fondamentale per le tre Convenzioni principali delle Nazioni Unite che riguardano la biodiversità (UNCBD), i cambiamenti climatici (UNFCCC) e la lotta alla desertificazione (UNCCD). Nel primo metro di suolo, infatti, si rinvengono, a livello mondiale, 1500 Pg di carbonio organico.

Al fine di favorire la capacità di stoccaggio di CO_2 nei suoli agricoli e ridurre le emissioni in atmosfera di gas serra, è importante definire politiche e misure al 2030 – 2050 volte a rafforzare ulteriormente il contributo complessivo del settore LULUCF attraverso la riduzione delle emissioni derivanti dalla gestione del suolo agricolo nella fase di coltivazione e fertilizzazione.

Tabella 1: Principali contributi alla decarbonizzazione del settore LULUCF

	Opzioni				
Carbonio nei suoli	• inserimento di colture in grado di favorire la più ampia copertura vegetativa nell'annata agraria, come quelle di integrazione, intercalari, consociate (erba medica, trifoglio, ecc), catch crop e cover crop nelle rotazioni;				
	 introdurre una quota maggiore di colture da foraggio; 				
	• impiantare o preservare le siepi, le macchie e le fasce tampone arbustive;				
	aumentare la conversione dei seminativi a prati;				
	• incentivare la non lavorazione del suolo (no tillage) tramite la semina su sodo;				
	attuare schemi di rotazione lunghi;				
	coltivare sui terrazzamenti;				
	• gestire e recuperare i terreni marginali con l'introduzione di nuove colture;				
	 privilegiare la pacciamatura organica e migliorare l'attività sia della macrofauna che della microflora, specialmente quella fungina, per incrementare la porosità del suolo garantendo un'ottima aereazione, infiltrazione dell'acqua, trasferimento di calore e crescita delle radici; 				
	 monitorare gli indicatori agronomici (rese colturali, qualità delle produzioni, costi per coltura, ecc) ed ambientali (contenuto in sostanza organica dei suoli, attività microbiologica, presenza di anellidi e microartropidi, ecc) per verificare il miglioramento delle funzioni agro-ecologiche dei suoli apportato dalle pratiche attuate e di promuovere progetti di ricerca, di trasferimento di conoscenze e supporto all'adozione di tecniche innovative specifiche tra ricercatori, tecnici ed agricoltori; 				
	 incentivare il supporto, la formazione e la sensibilizzazione in ambito scolastico e professionale delle pratiche di gestione sostenibile del suolo. I servizi di divulgazione agricola dovrebbero stimolare principi e pratiche sostenibili per il suolo. 				
Prevenzione Incendi	realizzazione di infrastrutture di protezione;implementazione dei sistemi di allerta.				

POLITICHE E MISURE DI ADATTAMENTO

Alla mitigazione dei cambiamenti climatici e al percorso di decarbonizzazione sin qui descritto, si affianca l'adattamento ai cambiamenti climatici che rappresenta un processo di adeguamento dei sistemi naturali ed antropici al clima attuale o atteso ed ai suoi effetti.

Il quadro di riferimento a livello nazionale è rappresentato dalla Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SNACC), adottata con Decreto Direttoriale n. 86 del 16 giugno 2015, alla quale il MATTM sta dando attuazione attraverso la predisposizione di una serie di strumenti. Il principale è il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), la cui elaborazione è stata avviata nel 2016 e che è attualmente in fase di approvazione⁸⁷.

Gli impatti attesi e le vulnerabilità dei singoli settori naturali e socio-economici contenuti nella bozza del PNACC sono basati sull'analisi della letteratura aggiornata disponibile, sui risultati delle proiezioni climatiche per l'Italia e, in alcuni casi, sul calcolo di indicatori aggiuntivi e simulazioni modellistiche di maggior dettaglio. Sulla base dei risultati ottenuti, sono state individuate un insieme di azioni di adattamento che possono essere messe in campo: va anche tenuto in conto che pur raggiungendo l'azzeramento del bilancio emissioni/assorbimenti, le concentrazioni di CO₂ previste negli scenari climatici presentati nel Focus di cui al Capitolo 1 permarranno con i loro effetti per diversi secoli (IPCC-AR4).

Sia gli impatti che le azioni di adattamento rispondono ad un quadro complesso di interrelazioni tra i settori energetici e non secondo feed-back di retroazione sintetizzabili nella Figura 4.1.

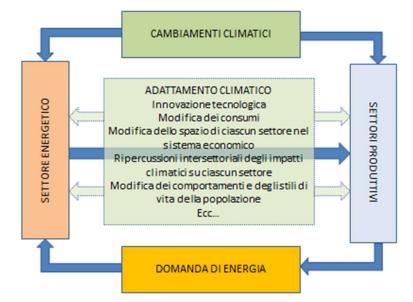


Figura 4.1: Schema delle interrelazioni fra clima ed energia

⁸⁷ Nel corso del 2017 e nella prima metà del 2018 la bozza di PNACC è stata condivisa con le Amministrazioni pubbliche statali, le Istituzioni regionali e locali, i principali Enti di ricerca e diversi portatori di interesse. Sono state inoltre effettuate una revisione scientifica e due consultazioni pubbliche. Nel 2018 è stato anche avviato il dialogo con la Conferenza Stato-Regioni, alla quale è stata trasmessa un'informativa documentata sullo stato di avanzamento del Piano ai fini dell'acquisizione dell'accordo sui contenuti, propedeutico alla sua definitiva approvazione, come previsto dal Decreto Direttoriale n. 86 del 2015. Dalle riunioni svolte in Conferenza Stato Regioni è emersa l'esigenza di avviare un processo partecipativo strutturato per il Piano di adattamento e per tale motivo il MATTM sta lavorando per verificare l'assoggettabilità del PNACC alla procedura di Valutazione Ambientale Strategica.

Di seguito, si presenta una sintesi degli impatti attesi, e delle conseguenti azioni di adattamento, per i seguenti settori rilevanti ai fini della presente Strategia: 1) risorse idriche, 2) dissesto ed eventi meteorologici estremi, 3) foreste, 4) agricoltura, 5) trasporti, 6) industrie e infrastrutture pericolose, 7) energia e 8) salute.

1. Risorse idriche

L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) ha classificato l'Italia come un paese soggetto a stress idrico medio-alto. Inoltre, la distribuzione della disponibilità e del fabbisogno della risorsa idrica è caratterizzata da una forte disomogeneità a livello subnazionale. L'assetto idrico comprende oltre 9.000 corpi naturali - definiti come significativi ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006 - e artificiali, composti dai canali di scolo e irrigazione, di lunghezza pari a oltre 180.000 km. I grandi invasi possono regolare un volume di risorsa corrispondente ad oltre 12 miliardi di m³.

Gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sono riconducibili ad alterazioni del ciclo idrologico dovute principalmente all'aumento delle temperature, alla riduzione della copertura nevosa e all'alta variabilità stagionale delle precipitazioni. Tali alterazioni avranno conseguenze sulla sicurezza idrica fondamentale per le popolazioni, per la competitività delle imprese e per la tutela dell'ambiente naturale e della biodiversità.

Tutti gli ecosistemi acquatici (acque interne, di transizione, lacustri e di acque sotterranee) sono influenzati dagli effetti dei cambiamenti climatici alterandone lo stato ecologico e la biodiversità. Tuttavia, alcuni di essi (es. gli ambienti di transizione aperti) hanno un'elevata resilienza tipica di sistemi adattati ad elevate variazioni ambientali, mentre altri (ecosistemi lacustri ed ecosistemi delle acque sotterranee) sono molto più vulnerabili e difficili da gestire.

Gli impatti sulle disponibilità idriche dovute ai cambiamenti climatici potrebbero creare anche ulteriori problemi sui prelievi fluviali, relativamente al mantenimento dei flussi minimi vitali a cui è legato il raffreddamento degli impianti termoelettrici. L'impiego di acqua nella produzione di energia attualmente non comporta consumi idrici critici rispetto alle disponibilità. Tuttavia già durante l'ondata di calore di luglioagosto 2003, si verificò, in Italia e nel resto d'Europa, un conflitto fra la richiesta idrica per il raffreddamento delle centrali termoelettriche, l'agricoltura affetta da una durissima siccità e gli approvvigionamenti per uso domestico (episodi analoghi si sono verificati anche negli anni successivi).

Viceversa, sono evidenti le sinergie realizzabili fra la necessità di realizzare infrastrutture di accumulo idrico durante gli eventi meteorologici estremi, sia come protezione del territorio a valle, sia come riserva per i lunghi periodi di siccità attesi; ciò consentirebbe di supplire, almeno in parte, alla mancanza futura dell'apporto dovuto allo scioglimento dei ghiacciai. I bacini di accumulo di cui sopra potrebbero produrre anche un aumento delle potenzialità di produzione idroelettrica.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- incremento della connettività delle infrastrutture idriche;
- aumento della capacità di ritenzione ed accumulo attraverso la realizzazione di laghetti, piccoli invasi e vasche, al fine di ridurre la pressione sulle falde sotterranee;
- risanamento del sistema fluviale, assicurando la funzionalità idraulica, capace di espletare le necessarie caratteristiche funzioni e quelle ecosistemiche;
- miglioramento della capacità previsionale per anticipare la disponibilità naturale della risorsa e ottimizzare il volume immagazzinato;
- piani di gestione della siccità;
- costruzione del bilancio idrico alla scala del Paese.

2. Dissesto ed eventi meteorologici estremi

L'impatto del cambiamento climatico sul rischio geologico, idrologico e idraulico si estrinseca principalmente attraverso il cambiamento delle temperature e del regime delle precipitazioni, che si verifica con modalità fortemente variabili nello spazio e nel tempo, ed è influenzato da condizioni naturali e antropiche locali. In generale, ciò comporta una variazione di frequenza dei fenomeni di dissesto idraulico nei bacini di estensione

minore, dei fenomeni franosi superficiali e profondi in terreni caratterizzati da coltri di spessore ridotto e/o elevata permeabilità. Lo scioglimento del permafrost potrà avere effetti su colate detritiche e frane superficiali. La frequenza delle piene fluviali sarà maggiormente impattata nei bacini a permeabilità ridotta che rispondono più velocemente alle sollecitazioni meteoriche e hanno ridotto effetto attenuante nei confronti delle precipitazioni di breve durata e forte intensità. L'urbanizzazione e l'uso del suolo possono avere un impatto negativo, contribuendo all'aggravarsi dei fenomeni di dissesto.

In questo caso anche il sistema energetico è impattato direttamente, fatto che potrebbe rendere più problematica la localizzazione e la progettazione degli impianti. L'esposizione a venti di inusuale potenza potrebbe imporre, per esempio, la riconsiderazione della potenza dei generatori eolici, spostando la curva di carico ottimale verso nuovi rapporti potenza/frequenza del vento; oppure, la progettazione di impianti idroelettrici ad acqua fluente potrebbe dover tener conto dei nuovi scenari di variabilità delle portate dei corsi d'acqua minori, oltre che della necessità di resistere all'impatto di frane ed esondazioni.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- utilizzo di sistemi di informazione a scala globale ("earth observation") per la valutazione delle criticità a grande scala;
- sviluppo di modelli stocastici e fisici per la simulazione e previsione degli impatti;
- miglioramento del monitoraggio multi-parametrico superficiale e profondo dei fenomeni franosi e delle aree costiere;
- miglioramento dei sistemi di previsione e allerta;
- messa a punto di tecniche di gestione delle emergenze basate su approccio interdisciplinare.

3. Foreste

I boschi italiani svolgono un importante ruolo multifunzionale capace di erogare per la collettività, benefici sia di tipo ambientale che economico. La funzione storicamente assolta dai nostri boschi è quella produttiva ma anche i servizi eco-sistemici delle foreste, se gestite in modo sostenibile, ricoprono un ruolo sempre più importante nell'economia del paese, compresi gli utilizzi legati alle attività turistiche, sportive, didattiche, di valorizzazione dei prodotti non legnosi.

L'aumento della superficie forestale nazionale nell'ultimo decennio è dovuto, principalmente, al progressivo spopolamento delle aree montane e all'abbandono delle pratiche agrosilvopastorali con conseguente occupazione degli spazi da parte di specie arbustive e la crescita di boschi di nuova formazione.

La risposta degli ecosistemi forestali ai cambiamenti climatici si traduce in: alterazioni dei tassi di crescita e della produttività, cambiamenti nella composizione delle specie presenti e *shift* altitudinali e latitudinali degli habitat forestali con conseguente perdita locale di biodiversità, aumento del rischio di incendio e di danni da patogeni, alterazione del ciclo dell'acqua e del carbonio.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- aumento della connettività territoriale attraverso attività agropastorali sostenibili, infrastrutture verdi, zone umide;
- conservazione delle risorse genetiche;
- interventi per la realizzazione di infrastrutture di protezione contro gli incendi boschivi;
- imboschimenti e rimboschimenti;
- lotta biologica per la prevenzione e contrasto delle fitopatie;
- restauro e ripristino delle foreste danneggiate da incendi o altri eventi;
- utilizzo appropriato di biomasse forestali per la produzione energetica.

4. Agricoltura

Gli agrosistemi saranno soggetti a variazioni in termini di durata del ciclo fenologico, produttività e potenziale spostamento degli areali di coltivazione tipici, con risposte differenti in intensità e segnale a seconda della specie e delle aree geografiche di riferimento. In generale, le colture risentiranno dell'incremento di temperatura riducendo la lunghezza del ciclo di crescita con conseguente minore accumulo di biomassa e

quindi riduzione della resa. Le maggiori riduzioni di resa sono previste per le colture a ciclo primaverile-estivo (mais, girasole, soia), specialmente quelle non irrigate come il girasole. Tuttavia, colture classificate come C3 come il frumento, il riso, l'orzo, potranno in parte compensare gli impatti negativi delle mutate condizioni climatiche in quanto capaci di rispondere più efficientemente agli effetti diretti dell'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ rispetto alle specie C4 come il mais, il sorgo o il miglio. Per le colture arboree, ad esempio vite e olivo, la variazione del regime delle precipitazioni e l'aumento della temperatura potranno determinare una riduzione qualitativa e quantitativa delle produzioni nelle aree del sud Italia e potenziali spostamenti degli areali di coltivazione verso regioni più settentrionali o ad altitudini maggiori.

Il cambiamento climatico rappresenta un fattore di rischio anche per il bestiame allevato, con conseguenze che possono riguardare il loro benessere e la loro produttività. Le temperature elevate, che già caratterizzano le estati italiane e che gli scenari climatici futuri prevedono in aumento, hanno un impatto negativo diretto sui processi fisiologici e comportamentali dell'animale come la termoregolazione, l'ingestione di alimenti e la risposta immunitaria. A questi effetti diretti si aggiungono inoltre gli effetti indiretti che i cambiamenti climatici possono avere ad esempio sugli alimenti (contaminazione da micotossine, qualità e disponibilità alimenti) e sulle dinamiche ecologiche e biologiche dei patogeni e dei loro vettori.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- potenziamento strumenti di gestione del rischio;
- diversificazione delle colture e delle attività produttive;
- mantenimento prati permanenti e/o di aree di interesse ecologico;
- miglioramento genetico del patrimonio zootecnico;
- promozione dell'agricoltura di precisione;
- sostituzione di colture o varietà coltivate;
- pratiche innovative nei sistemi di allevamento.

5. Trasporti

Il cambiamento climatico impatta in maniera articolata sui trasporti.

Il settore beneficia sicuramente di una prevista riduzione dei giorni con gelo e delle precipitazioni nevose, diffusa su tutto il territorio, ma significativa nei valichi alpini, nell'Appennino ligure e tosco-emiliano: si riduce il rischio di danneggiamenti delle infrastrutture, il costo degli interventi per rimozione della neve, e si aumenta la sicurezza nella movimentazione dei mezzi tutti.

Il rischio è innanzitutto rappresentato dalla fragilità del territorio, che - nel passare da precipitazione nevosa a piovosa - vede aumentata la possibilità di dissesti idrogeologici.

L'aumento delle temperature estive è previsto in particolare nell'area della Pianura Padana e nell'agglomerato esteso della capitale oltre che nell'estremo sud. La presenza di agglomerati urbani importanti rischia di enfatizzare le ondate di calore innescando effetti di isola di calore urbano. Le ondate di calore severe contraggono la mobilità non motorizzata (pedoni e ciclisti), mettono alla prova i mezzi con motori termici oltre ad esaltare i consumi energetici dovuti alle molteplici azioni di raffrescamento (auto, mezzi pubblici, stazioni, aeroporti). Le sedi stradali, o le parti asfaltate (piazzali di manovra nei porti e negli interporti, piste aeroportuali), vengono sottoposte a cicli di surriscaldamento tali da degradarne le caratteristiche tecniche e funzionali. Le strade ferrate (tranvie e ferrovie) rischiano dilatazioni, seppur marginali, sufficienti a modificare l'assetto dei binari con conseguente rischio di deragliamenti o più facilmente di rallentamenti. L'aumento delle temperature estive associato alla scarsità idrica potrebbe influire sul sistema navigabile padano.

L'innalzamento del mare stimato, sebbene limitato, non può non essere considerato vista l'estensione della costa nel territorio nazionale. Oltre ai porti, anche le tratte di trasporto (stradale e ferroviario ma anche ciclopedonale) saranno esposte al rischio di allagamenti ed erosione.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

ottimizzare tecniche e procedure per la gestione delle emergenze;

- considerare il miglioramento dei sistemi di drenaggio stradali, attraverso la possibile implementazione d'interventi verdi;
- effettuare interventi di stabilizzazione del sedime ferroviario e di modifica delle tecniche di
 costruzione dei binari, con l'utilizzo di strutture resilienti alle alte temperature e all'incremento di
 eventi climatici estremi: l'uso di materiali resistenti agli estremi termici e l'utilizzo di asfalti drenanti;
- promuovere iniziative d'individuazione e ripristino dei ponti fluviali con cedimenti strutturali dovuti a piene improvvise e un Tavolo sulle infrastrutture critiche, coordinato dalla Protezione Civile.

6. Industrie e infrastrutture pericolose

Il settore industriale (con l'eccezione di quello energetico e dei settori grandi consumatori di risorse idriche) non è comunemente percepito come un settore economico particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici. Tuttavia, anche in questo caso, si potrebbero verificare degli effetti sulle attività industriali e sulle infrastrutture ivi localizzate dovute all'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi, con il loro corredo di fulminazioni, alluvioni e frane.

La capacità produttiva di alcuni settori industriali potrebbe dunque essere influenzata negativamente da fenomeni meteorologici estremi, mentre la fuoriuscita dagli impianti di sostanze pericolose per la salute umana e l'ambiente potrebbe aumentare i rischi, sia per i lavoratori e la popolazione che vive nelle aree circostanti, per i quali agli effetti immediati dell'evento estremo o dell'alluvione, potrebbero aggiungersi ulteriori effetti indiretti immediati o differiti (effetti sanitari dovuti all'esposizione a sostanze pericolose, interruzione dei servizi di approvvigionamento idrico, distruzione o inagibilità di abitazioni in conseguenza di incendi ed esplosioni, ecc.), sia per gli ecosistemi localizzati nelle vicinanze. Si concretizzerebbero, in sostanza, quelli che vengono definiti come eventi NaTech, acronimo che definisce gli eventi nei quali un disastro Naturale innesca uno o più disastri Tec(h)nologici.

Sebbene gli eventi NaTech siano stati in passato eventi relativamente rari, c'è sempre maggiore evidenza che essi stiano aumentando. Studi dedicati ai cambiamenti climatici evidenziano come l'aumento della frequenza delle alluvioni comporterà anche un aumento degli eventi NaTech, in parte anche dovuto al maggior numero di strutture industriali e persone esposte.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- elaborazione mappa dei rischi per le infrastrutture e le industrie pericolose;
- gestione della simultaneità di più disastri NaTech per contemporanee perdite di contenimento, indisponibilità delle utilities quali acqua, energia, sistemi di depurazione, ecc...;
- adozione di sistemi di allerta preventiva (early warning) in aree con presenza di attività e infrastrutture pericolose;
- costruzione di opere di difesa strutturale delle industrie e infrastrutture pericolose.

7. Energia

I cambiamenti climatici previsti per l'area del Mediterraneo avranno l'effetto di incrementare i consumi elettrici nella stagione estiva, anche per il crescente utilizzo di sistemi di condizionamento. Questo *trend* sarà influenzato dall'aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di calore. È pertanto facilmente prevedibile, date le proiezioni climatiche attese per il XXI secolo, che la richiesta estiva sarà in sostanziale continuo aumento, con associati probabili rischi di *blackout* dovuti al carico di punta estivo.

Per quanto riguarda invece la produzione di energia elettrica, l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi legati ai cambiamenti climatici potrebbe portare a una riduzione della capacità produttiva degli impianti termoelettrici, mentre il funzionamento degli impianti idroelettrici sarebbe caratterizzato da un aumento della variabilità, con conseguenti problemi dal punto di vista gestionale e a possibili riduzioni nella produzione di elettricità.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- dall'incentivo del Climate proofing degli edifici di nuova realizzazione;
- dalla promozione dello sviluppo di microgrid;

- dall'interramento di parte della rete;
- dall'utilizzo di sistemi di trasmissione flessibili in corrente alternata;
- dalla sostituzione dei sistemi di raffreddamento a ciclo aperto con sistemi a ciclo chiuso;
- dall'utilizzo di raffreddatori ad aria, pompe addizionali o torri di raffreddamento;
- dall'aumento dei volumi dei serbatoi di stoccaggio nella gestione ordinaria;
- dalla introduzione di sistemi di raffreddamento più efficaci per gli impianti a biomassa;
- dalla realizzazione di reti di bacini interconnesse su scala regionale o nazionale.

8. Salute

In generale il cambiamento climatico influisce su mortalità e morbilità di malattie legate al caldo, cardiorespiratorie e di origine infettiva. A queste vanno sommati i decessi e traumi dovuti a disastri (frane, inondazioni, incendi) resi più probabili dal mutare delle condizioni climatiche.

Le ondate di calore possono influenzare negativamente la salute, limitando l'efficienza del sistema di termoregolazione del corpo umano. A questi fattori di rischio biologici, si aggiungono fattori espositivi come, ad esempio, la struttura e la performance energetica degli edifici o la ventilazione degli spazi interni.

Una minore quantità di precipitazioni, così come l'alterazione della velocità del vento, possono influenzare le concentrazioni nell'atmosfera di sostanze inquinanti antropiche e biogeniche (pollini e muffe) e avere un impatto negativo sul sistema respiratorio. Bisogna anche considerare che il cambiamento sulla flora e gli ecosistemi terrestri può alterare la fenologia dei pollini, prolungando il periodo di fioritura e aggravando la morbilità di crisi respiratorie. Il cambiamento climatico può aumentare il rischio di malattie infettive trasmesse da vettori o diffuse attraverso la filiera alimentare, favorendo la diffusione di micotossine e di batteri legati al cibo (salmonella, listeria) nonché l'alterazione delle qualità nutrizionali degli alimenti. Anche l'acqua, sia per il consumo umano sia per la balneazione, può essere un vettore di contagio di malattie infettive in quanto le mutate condizioni climatiche possono favorire il diffondersi di patogeni.

Fra le azioni di adattamento in questo settore si evidenziano:

- promozione della ricerca su tecnologie e materiali resilienti;
- monitoraggio delle isole di calore;
- potenziamento dei servizi idrici integrati;
- formazione degli operatori non sanitari sui rischi clima-sensibili;
- integrazione della valutazione sulla qualità dell'aria nelle certificazioni energetiche;
- aggiornamento di protocolli di controllo di inquinanti clima-sensibili;
- integrazione dei rischi clima-sensibili nelle procedure di gestione dell'acqua potabile.

A fronte di questo quadro, l'Italia intende seguire un approccio trasparente e partecipativo, in cui il processo di elaborazione del Piano nazionale di adattamento giochi un ruolo centrale nella evoluzione della pianificazione dell'adattamento nel lungo termine, in linea con l'approccio di governo multilivello del territorio, dove le Regioni e gli Enti Locali sono chiamati a pianificare ed attuare azioni per affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici nei loro territori. Il PNACC, una volta adottato, rappresenterà lo strumento di indirizzo per le istituzioni ai fini dell'integrazione dell'adattamento nei loro strumenti di pianificazione, a supporto del quale proseguiranno le attività già avviate per favorire sia la diffusione che l'utilizzo operativo delle informazioni, dei dati e delle metodologie di analisi contenute in esso.

ALLINEAMENTO DEI FLUSSI FINANZIARI ED ECONOMICI AGLI OBIETTIVI DELL'ACCORDO DI PARIGI

3.1 Il Contesto internazionale ed europeo

Il finanziamento della transizione, e i relativi investimenti necessari nei diversi Scenari di decarbonizzazione, costituiscono elementi cruciali della sfida dei cambiamenti climatici, sia nella dimensione domestica che internazionale. Il ruolo del settore finanziario è dirimente sia come fonte di finanziamento dell'economia reale e degli investimenti necessari alla transizione, sia in quanto settore a sé stante, che dovrà esso stesso trasformarsi per rendersi coerente con uno sviluppo a basse emissioni e resiliente ai cambiamenti climatici. Il settore finanziario rappresenta dunque un elemento chiave della transizione verso un'economia a basse emissioni e viene esplicitamente richiamato sia nell'Accordo di Parigi, tra i suoi obiettivi (all'Art. 2.1c), sia nell'ultimo rapporto speciale IPCC 1,5°C che sottolinea la necessità di una massiccia riallocazione del portafoglio degli investimenti globali al fine di raggiungere uno scenario a zero emissioni nette entro il 2050.

In particolare, all'Articolo 2.1c dell'Accordo di Parigi, per la prima volta, viene esplicitata la necessità che, accanto agli obiettivi di contenimento dell'aumento di temperatura e di adattamento agli effetti negativi dei cambiamenti climatici, vi siano necessari obiettivi finanziari che accompagnino e sostengano la transizione. Tale concetto, peraltro, è formulato in maniera omnicomprensiva e globale, offrendo la possibilità di coinvolgere sia il sistema finanziario internazionale che le comunità finanziarie nazionali nelle politiche e misure necessarie per contrastare i cambiamenti climatici.

L'Accordo di Parigi, tuttavia, non fornisce indicazioni su meccanismi o strumenti specifici che possano essere di supporto per sviluppare una regolamentazione mirata a valutare la coerenza dei flussi finanziari (attuali, già programmati o da pianificare) con il conseguimento degli obiettivi di temperatura e di adattamento.

Le Strategie nazionali di lungo termine possono rappresentare, pertanto, uno strumento utile per integrare e monitorare l'obiettivo finanziario nelle politiche climatiche tenendo conto del contesto globale in evoluzione sul tema.

Le iniziative di cooperazione finanziaria internazionale, unite ad un aumento della complessità e del numero di strumenti di finanziamento a disposizione, hanno visto una drastica accelerazione negli anni successivi all'adozione dell'Agenda 2030. L'Italia partecipa attivamente a molte di queste iniziative, che costituiscono un importante quadro di riferimento a cui dare seguito a livello nazionale nel medio periodo:

- il Sustainable Finance Study Group del G20⁸⁸, coordinato dalla Banca d'Inghilterra (Carney) e dalla Banca Popolare di Cina (Ma Jun), ha lavorato per identificare le barriere di mercato alla finanza verde, e sulla base delle esperienze dei singoli paesi, ha sviluppato opzioni su come migliorare la capacità del sistema finanziario di mobilitare il capitale privato per gli investimenti verdi.
- Al vertice di Parigi *One Planet Summit* del 2017, è stato istituito il *Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System* (NGFS) per migliorare la gestione del rischio ambientale e climatico nel settore finanziario, e mobilitare la finanza *mainstream* per sostenere la transizione verso un'economia sostenibile. Il Network ha identificato tre aree tematiche in cui sono stati avviati gruppi di lavoro: a) valutazione e prevenzione dei rischi finanziari legati ai cambiamenti climatici; b) modelli di analisi d'impatto dei cambiamenti climatici su economia e finanza; c) diffusione della *green finance*. Il network ha pubblicato nel 2019 alcuni interessanti studi, tra cui una valutazione di impatto climatico sulla stabilità finanziaria⁸⁹, ed una guida all'investimento responsabile e sostenibile per la gestione del portfolio delle Banche Centrali⁹⁰. La Banca d'Italia fa parte del network.
- La Rete Internazionale dei Centri Finanziari per la Sostenibilità (FC4S Network) è una partnership tra i centri finanziari mondiali, composta da 30 centri membri (marzo 2020), per la quale UNEP funge da Segretariato. L'obiettivo della rete è consentire ai centri finanziari di scambiare esperienze, guidare la

⁸⁸ http://unepinquiry.org/g20greenfinancerepositoryeng/

⁸⁹ https://www.ngfs.net/en/technical-supplement-first-ngfs-comprehensive-report

⁹⁰ https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs-a-sustainable-and-responsible-investment-guide.pdf

convergenza degli obiettivi e agire sulle priorità condivise per accelerare l'espansione della finanza verde e sostenibile. L'Italia ha preso parte attivamente al processo di costituzione del network attraverso il G7 Ambiente⁹¹.

- L'Inquiry into the design of a Sustainable Financial System⁹² è stata avviata dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) per avanzare proposte di policy per migliorare l'efficacia del sistema finanziario nel mobilitare il capitale verso un'economia verde e inclusiva. Fondata nel gennaio 2014, ha pubblicato la prima edizione di "Il sistema finanziario di cui abbiamo bisogno" nell'ottobre 2015, con la seconda edizione lanciata nell'ottobre 2016 e il suo rapporto finale lanciato nel 2018. Inquiry ha lavorato in 20 paesi e ha prodotto un'ampia serie di studi nazionali sulla finanza sostenibile. Anche l'Italia, attraverso il Ministero dell'Ambiente, ha partecipato attivamente al processo, che è sfociato in un report contenente 18 raccomandazioni⁹³.
- Nell'aprile 2019, i governi di oltre 20 Paesi hanno lanciato la Coalizione dei Ministri delle Finanze per l'Azione per il Clima⁹⁴, cui ha aderito anche l'Italia a settembre 2019, che ha raggiunto ad oggi 50 adesioni. Alla COP 25 in Spagna è stato presentato il "Santiago Action Plan"⁹⁵, focalizzato sui temi del carbon pricing, dell'integrazione delle politiche climatiche nella programmazione di bilancio, del coinvolgimento del settore finanziario e del miglioramento dell'expertise degli stessi Ministeri. È in preparazione un report su quanto fatto a livello nazionale da parte di diversi paesi per riorientare i flussi finanziari.
- Il 18 ottobre 2019, a Washington, l'UE ha lanciato la *International Platform on Sustainable Finance* (IPSF)⁹⁶, insieme a Cina, India, Canada, Argentina, Cile, Argentina, Kenya e Marocco⁹⁷. La finalità della piattaforma è di individuare approcci condivisi a livello globale sui temi della finanza sostenibile (per l'UE è essenziale superare l'approccio "regionale" alla finanza sostenibile avviato con il Piano del 2018, affermando anche a livello extra-UE il proprio approccio sui temi della tassonomia, regole di disclosure, green bonds, etc.). La piattaforma sta lavorando ad una prima mappatura su cosa si fa nei singoli paesi, propedeutica per l'individuazione delle priorità da affrontare insieme. I membri sono rappresentati da autorità pubbliche incaricate di sviluppare politiche e iniziative di finanziamento ecologicamente sostenibili nelle rispettive giurisdizioni.

A livello europeo il *Green Deal* europeo (dicembre 2019)⁹⁸, ed il relativo Piano di Investimenti (gennaio 2020)⁹⁹ illustra gli investimenti necessari e gli strumenti di finanziamento disponibili per garantire una transizione giusta e inclusiva. Il piano di investimenti ha tre obiettivi principali:

- aumentare i finanziamenti per la transizione e mobilitare almeno 1.000 miliardi di euro per sostenere gli investimenti sostenibili nel prossimo decennio attraverso il bilancio dell'UE e gli strumenti associati, in particolare InvestEU;
- creare un quadro di riferimento per gli investitori privati e il settore pubblico per facilitare gli investimenti sostenibili;
- fornire sostegno alle amministrazioni pubbliche e ai promotori di progetti per l'identificazione, la strutturazione e l'esecuzione di progetti sostenibili.

Una parte del piano di investimenti, il *Just Transition Mechanism*, sarà finalizzata a fornire supporto specifico per una transizione europea giusta ed equa, mobilitando almeno 100 miliardi di euro in investimenti nel

⁹¹ http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2019/04/Shifting Gears.pdf

⁹² https://unepinquiry.org/

⁹³ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo sostenibile/Financing the Future EN.pdf

⁹⁴ https://www.cape4financeministry.org/sites/cape/files/inline-files/Joint%20Ministerial%20Statement SAP%20-%20COP25%20-%20final 0.pdf

⁹⁵ https://www.cape4financeministry.org/sites/cape/files/inline-files/Santiago%20Action%20Plan%20-COP25%20-%20final.pdf

^{96 &}lt;a href="https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business">https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business economy euro/banking and finance/documents/200325-international-platform-sustainable-finance-factsheet_en.pdf

⁹⁷ L'evento di lancio si è tenuto a margine della riunione annuale del FMI. L'UE era rappresentata dal Commissario Valdis Dombrovskis, vicepresidente per l'euro e il dialogo sociale, incaricato anche della stabilità finanziaria, dell'Unione dei servizi finanziari e dei mercati dei capitali.

⁹⁸ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF

⁹⁹ https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5269-2020-INIT/en/pdf

periodo 2021-2027 per sostenere le regioni più colpite dalla transizione. Il meccanismo è strutturato intorno a tre pilastri:

- il *Just Transition Fund*, che fornirà risorse aggiuntive da utilizzare congiuntamente al FESR e all'FSE. A gennaio 2020, la Commissione ha pubblicato la proposta di regolamento per la sua istituzione;
- un *Just Transition Scheme* in InvestEU, con risorse aggiuntive del budget per 1,8 miliardi al fine di mobilizzare 45 miliardi di euro in investimenti;
- uno strumento di prestito al settore pubblico per investimenti, ad esempio, in infrastrutture per energia, trasporti, edifici, garantito dal budget UE e dalla BEI.

Tali fondi e programmi forniranno finanziamenti su misura per una vasta gamma di progetti, sia di piccole dimensioni (ad esempio, il rinnovamento energetico delle singole abitazioni) che quelli più grandi (ad esempio, l'installazione di una rete di stazioni di ricarica per veicoli elettrici). Il sostegno agli investimenti sarà adeguato al livello di rischio che i progetti specifici comportano. Il meccanismo di transizione giusta non si limita ai finanziamenti: basandosi su una *Just Transition Platform*, la Commissione fornirà anche assistenza tecnica agli Stati membri, alle Regioni e agli investitori e si assicurerà il coinvolgimento delle comunità interessate, le autorità locali, le parti sociali e le organizzazioni non governative.

Inoltre, la Commissione ha proposto che il 25% del totale del prossimo bilancio a lungo termine contribuisca all'azione per il clima e alla spesa per l'ambiente attraverso molteplici programmi; al 2030, il bilancio europeo avrà fornito 503 miliardi di euro al piano di investimenti del *Green Deal*. Ciò innescherà un ulteriore cofinanziamento nazionale di circa 114 miliardi di euro in questo lasso di tempo per progetti sul clima e l'ambiente.

Infine, l'Italia, in qualità di Stato Membro UE, è impegnata nella definizione e nell'applicazione di quattro importanti pacchetti legislativi, legati allo sviluppo delle Azioni contenute nel Piano della Commissione pubblicate nel marzo 2018 ("Financing Sustainable Growth", COM 2018, 97 final):

- Tassonomia: A dicembre 2019 è stato raggiunto l'accordo politico in Parlamento sulla proposta di regolamento. La proposta si basa sul rapporto tecnico del Technical Expert Group (TEG) che propone criteri tecnici di screening per un contributo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici in 67 attività economiche, oltre a definire l'approccio concettuale per l'adattamento ai cambiamenti climatici e una guida iniziale su come utilizzare la tassonomia. La relazione finale sulla tassonomia dell'UE¹⁰⁰ è stata resa pubblica a marzo 2020, e ad aprile 2020 il Consiglio ha adottato la propria posizione in prima lettura sul regolamento sulla Tassonomia.
- Normativa sui Green Bond: a giugno 2019, il TEG ha pubblicato un rapporto preliminare sul Green Bond Standard UE¹⁰¹, e sulla base delle raccomandazioni, a marzo 2020 è stata resa pubblica la guida all'utilizzo dello standard¹⁰² rivolta agli attori del mercato. La Commissione europea sta esplorando la possibilità di un'iniziativa legislativa per un Green Bond Standard UE. Alcuni Paesi come Lussemburgo, Francia e Polonia hanno già adottato criteri nazionali per definire i Green Bonds; appaiono evidenti i vantaggi di avere criteri comuni europei (e globali).
- Parametri di riferimento (Benchmark): a settembre 2019 è stata resa pubblica la relazione finale contenente le raccomandazioni del TEG alla Commissione per migliorare la trasparenza sugli aspetti ESG delle metodologie dei benchmark¹⁰³, e per definire standard minimi per la metodologia dei benchmark "EU Climate Transition" e "EU Paris-aligned", che mirano all'allineamento con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi e che affrontano il rischio del greenwashing. La relazione finale servirà come base per la redazione di atti delegati da parte della Commissione. Si prevede che i progetti di atti delegati saranno adottati nella prima metà del 2020. A dicembre 2019 il TEG ha pubblicato un manuale sui parametri di riferimento per il clima e le informazioni ESG¹⁰⁴, e include una mappatura dettagliata delle classificazioni delle attività economiche.

¹⁰⁰ https://ec.europa.eu/info/files/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy it

¹⁰¹ https://ec.europa.eu/info/files/190618-sustainable-finance-teg-report-overview-green-bond-standard en

¹⁰² https://ec.europa.eu/info/files/200309-sustainable-finance-teg-green-bond-standard-usability-guide en

¹⁰³ https://ec.europa.eu/info/190930-sustainable-finance-teg-final-report-overview-climate-benchmarks-and-disclosures it

¹⁰⁴ https://ec.europa.eu/info/files/192020-sustainable-finance-teg-benchmarks-handbook it

Informazioni relative al clima (Disclosure): la Direttiva del 2014 modifica la direttiva del 2013 (2013/34/UE) relativa ai bilanci d'esercizio ed ai bilanci consolidati, ed è stata recepita in Italia nel 2016 attraverso il decreto legislativo n.254 del 30 dicembre 2016¹⁰⁵. Essa disciplina la divulgazione di informazioni ambientali, sociali e di governance (ESG) da parte delle grandi imprese e degli enti di interesse pubblico che operano sui mercati finanziari (società quotate in borsa, banche, assicurazioni e altri intermediari finanziari, con oltre 500 dipendenti). Le imprese interessate hanno iniziato ad applicare la Direttiva a partire dal 2018 per le informazioni relative all'esercizio finanziario 2017. Obbligo principale è la Dichiarazione di carattere Non-Finanziario (DNF), ad integrazione della relazione annuale sulla gestione che accompagna il bilancio, con informazioni minime che includono l'uso di fonti energetiche, le emissioni di gas serra e di inquinanti in atmosfera, e un'analisi dei principali rischi connessi, nonché numerose informazioni di carattere sociale. Sulla base del lavoro del rapporto finale del TEG sulle informazioni sul clima del gennaio 2019¹⁰⁶, la Commissione ha pubblicato a giugno 2019 delle nuove linee guida¹⁰⁷, che integrano le precedenti e integrano le raccomandazioni della Task Force sulle informazioni finanziarie relative al clima (TCFD). Nella comunicazione del dicembre 2019 sull'European Green Deal, la Commissione si è impegnata a rivedere la Direttiva sul reporting non-finanziario nel 2020 come parte della strategia per rafforzare gli investimenti sostenibili.

3.2 Il Contesto italiano

L'approvazione dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile e dell'Accordo di Parigi ha dato una nuova spinta all'innovazione nel settore finanziario anche in Italia. Nel febbraio 2016 è stato promosso il Dialogo Nazionale per la Finanza Sostenibile¹⁰⁸ finalizzato ad identificare le pratiche in essere, le sfide strategiche e proporre le opzioni di politiche e misure nazionali nuove ed innovative. Il Dialogo, promosso da *UN Environment* e dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare insieme ad altri Ministeri (MAECI, MEF) ed Autorità (Banca d'Italia, Cassa Depositi e Prestiti, IVASS, Borsa Italiana), si è articolato in una serie di gruppi di lavoro che hanno coinvolto esperti ed esponenti del settore finanziario e del mondo della ricerca. L'iniziativa è stata organizzata in partenariato con il gruppo di lavoro UNEP (Programma Ambientale delle Nazioni Unite) denominato "UNEP *Inquiry*", che ha arricchito il dibattito nazionale portando la propria esperienza internazionale sul tema della finanza sostenibile. Il rapporto finale del Dialogo Nazionale "Finanziare il Futuro" è stato presentato alla Banca d'Italia a febbraio 2017 alla partecipazione di entrambi i Ministri dell'Ambiente e dell'Economia e Finanze.

Per dare seguito alle raccomandazioni del rapporto frutto del Dialogo Nazionale e dare attuazione agli impegni del G7 Ambiente a Presidenza italiana sui temi della finanza verde e sostenibile, a partire da luglio 2017 sono stati attivati i lavori dell'Osservatorio Italiano per la Finanza Sostenibile (OIFS), che coinvolge le principali imprese, organizzazioni e autorità della comunità finanziaria nazionale.

Con decreto ministeriale n.338 del 27 novembre 2019, le attività afferenti all'Osservatorio è stato abrogato e le attività rilevanti sono confluite nel nuovo Comitato per la Bioeconomia e la Finanza Sostenibile, interno al Ministero dell'Ambiente, che ha, tra gli altri, il compito di individuare proposte operative sul piano nazionale per accelerare lo sviluppo e l'applicazione di soluzione di bioeconomia sostenibili e circolari.

Il Comitato è coadiuvato dal Gruppo di lavoro per la Finanza Sostenibile (DM n.75, 2 aprile 2020) per elaborare proposte sui temi della finanza sostenibile nel quadro degli SDGs e proposte normative al fine di rendere più efficaci le misure attualmente in vigore sulla salvaguardia dell'ambiente, o di proporne di nuove, tra cui: misure di rating e valutazione, e di promozione, degli investimenti verdi; misure per incrementare la

¹⁰⁵ https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/01/10/17G00002/sg

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business economy euro/banking and finance/documents/190110-sustainable-finance-teg-report-climate-related-disclosures en.pdf

¹⁰⁷ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0620(01)&from=EN

¹⁰⁸ https://www.minambiente.it/pagina/dialogo-nazionale-la-finanza-sostenibile

¹⁰⁹ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/notizie/summary financing the future it.pdf

penetrazione nel mercato dei prodotti finanziari verdi; promuovere campagne di informazione mirate alle PMI e startup, sui temi degli investimenti verdi e della finanza sostenibile.

Allo stato attuale, da parte del Ministero dell'Economia e delle Finanze, sono allo studio:

- ipotesi di Green Bond (pubblici), da verificare alla luce dei titoli in corso di emissione a seguito della crisi sanitaria (Covid Bond);
- un coordinamento in materia di finanza sostenibile delle Autorità indipendenti sulla Finanza Sostenibile (Mef, Banca d'Italia, Ivass, Consob, Covip, ecc...) da verificare alla luce della priorità assunta dall'emergenza economico-sanitaria;
- la considerazione nell'ambito della Presidenza G20 Italiana del 2021 dei temi della finanza sostenibile e della finanza per il clima.

Le iniziative di cui sopra riflettono la crescente importanza del tema della finanza sostenibile nel contesto italiano. Infatti, dal 2015 al 2017, il patrimonio investito in fondi che si qualificano come sostenibili e responsabili è cresciuto di oltre 14 volte, a fronte del 'solo' raddoppio dei volumi complessivi del patrimonio raccolto in Italia nello stesso arco temporale. Una ricerca¹¹⁰, condotta da Eurosif¹¹¹ del 2018, presenta un'analisi nazionale e aggregata della diffusione delle diverse strategie che gli operatori finanziari possono adottare per includere le considerazioni di sostenibilità ambientale, sociale e di *governance* (ESG) nelle politiche d'investimento. In linea con la tendenza europea, il mercato degli investimenti sostenibili e responsabili (SRI) italiano è guidato dagli investitori istituzionali, anche se allo stesso tempo, cresce l'interesse dei risparmiatori a tenere in considerazione i temi ESG nelle scelte d'investimento. Tuttavia, rimane ancora marginale il peso del patrimonio investito in fondi che si definiscono "sostenibili" sul totale del patrimonio investito in fondi da parte dei risparmiatori italiani, passando da meno dello 0,3% a circa il 2%.

L'indagine "Il rischio climatico per la finanza in Italia" condotta da uno dei gruppi di lavoro dell'Osservatorio italiano somministrato alle principali organizzazioni operanti in Italia dà evidenza dei punti di forza e di debolezza nelle aree identificate dalla sopramenzionata Task force TCFD nel sistema finanziario italiano: in particolare, tra i punti di debolezza, su cui occorrerà lavorare, figura la necessità di rafforzare l'informazione sia nell'ambito della gestione dei rischi legati alla mitigazione o all'adattamento ai cambiamenti climatici, che sull'impronta carbonica degli investimenti da parte degli operatori finanziari.

La velocità con cui questi mutamenti si stanno realizzando richiede al settore finanziario italiano di prepararsi alla transizione, in particolare nell'utilizzo di dati e di modelli concettuali che individuino univocamente i canali di trasmissione che legano clima, economia reale e mercati finanziari.

3.3 Orientamenti e strumenti

Al fine di perseguire una politica economica che rilanci l'economia e lo sviluppo inclusivo e sostenibile, con al centro la realizzazione di un *Green New Deal* orientato al contrasto ai cambiamenti climatici, occorre lavorare, nel prossimo futuro, ad un solido e rigoroso piano finanziario di lungo periodo, proponendo azioni concrete sul possibile contributo del settore finanziario alla transizione, utilizzando gli strumenti messi a disposizione a livello europeo e riportandoli e adattandoli alla realtà nazionale.

Finanza sostenibile

La piena attuazione della eco-innovazione nell'ambito dell'industria 4.0 dovrà essere perseguita sfruttando anche gli strumenti di finanza sostenibile, in corso di predisposizione a livello europeo, e rivedendo progressivamente le agevolazioni dannose per l'ambiente. Il primo passo sarà quindi il recepimento e l'attuazione a livello nazionale dei regolamenti che saranno adottati a livello europeo per dare attuazione alle azioni identificate dal Piano di Azione della Commissione europea e delle relative proposte sul pacchetto di misure per l'attuazione di alcune di queste azioni (in particolare, tassonomia, benchmark e disclosure). Ci si aspetta che la sostenibilità ambientale e sociale sia posta al centro della programmazione UE in senso

¹¹⁰ 8th edition of Eurosif Market Study- 2018 SRI Study

¹¹¹ Associazione Europea per la promozione di investimenti sostenibili e responsabili in tutta Europa

trasversale alle politiche, e che il piano d'azione per il finanziamento della crescita sostenibile, avviato nel 2018, sia portato a compimento e ulteriormente rafforzato.

Banca centrale

Le autorità di vigilanza e le banche centrali possono svolgere un ruolo attivo nel riorientamento dei flussi finanziari, in particolare nell'adozione di standard di gestione del rischio, di pratiche di stress-test per il rischio climatico, gestendo gli obblighi di comunicazione delle informazioni ed elaborando linee-guida e programmi di *capacity building*.

Revisione dei sussidi ambientalmente dannosi e riforma fiscale ecologica

Le finanze pubbliche dovranno orientarsi verso il principio "chi inquina paga", eliminando gradualmente i sussidi ambientalmente dannosi, in primis, le sovvenzioni alle fonti fossili. Questi costituiscono un duplice onere sui bilanci pubblici, in quanto si traducono in maggiore spesa pubblica (o mancato gettito) corrente, nonché in maggiori costi ambientali e sanitari presenti e futuri. Il Catalogo dei Sussidi ambientalmente dannosi e favorevoli, che la legge italiana, nell'articolo 68 della Legge n. 221/2015 (Collegato ambientale del 2015), richiede sia aggiornato annualmente, costituisce un prodotto informativo di riferimento. A livello nazionale, si sta lavorando alla rimodulazione selettiva delle agevolazioni fiscali e dei sussidi dannosi per l'ambiente, in vista di una graduale ed equa eliminazione di questi sussidi e del riutilizzo del gettito a fini sociali e ambientali.

I recenti sviluppi legislativi nazionali hanno previsto una serie di strumenti utili alla l'elaborazione e la valutazione di misure relative alla riduzione dei sussidi ambientalmente dannosi, in particolare:

- la legge di bilancio 2020 ha istituito la Commissione per lo studio e l'elaborazione di proposte per la transizione ecologica e per la riduzione dei sussidi ambientalmente dannosi, commissione interministeriale presso il Ministero dell'Ambiente, istituita al fine di programmare la riduzione dei sussidi ambientalmente dannosi ed elaborare una proposta per la ridefinizione del sistema delle esenzioni a partire dall'anno 2021 in materia di trasporto merci, navale e aereo, di agricoltura e usi civili, con l'obiettivo di ridurre la spesa pubblica e di sostenere le innovazione e gli investimenti in ricerca, innovazione tecnologica, sviluppo e infrastrutture per la riconversione ecologica che producano una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro l'anno 2030. La Commissione è coadiuvata da una Segreteria Tecnica;
- il Comitato per la Bioeconomia e la Fiscalità Sostenibile, interno al Ministero dell'Ambiente, che ha il compito di:
 - contribuire all'individuazione dei sussidi ambientalmente dannosi e favorevoli al fine di redigere il Catalogo;
 - formulare proposte per il ri-orientamento dei sussidi ambientalmente dannosi in favore di politiche eco-compatibili e per la fiscalità di vantaggio nelle zone economiche ambientali;
 - formulare proposte per la fiscalità sostenibile e verde;
- dal Comitato, dipendono il gruppo di studio in materia di economia e sviluppo sostenibile, il gruppo di studio in materia di bioeconomia circolare e il gruppo di lavoro sulla finanza sostenibile.
- Sistemi di fissazione del prezzo del carbonio

L'internalizzazione delle esternalità ambientali attraverso strumenti quali la fissazione del prezzo del carbonio potrà assicurare che le tecnologie di riduzione delle emissioni producano benefici economici tangibili. La possibilità che il prezzo del carbonio continui ad aumentare nel tempo incoraggerà le imprese e i consumatori a investire in prodotti e tecnologie a basse emissioni.

- Informazione non finanziaria

Il Decreto legislativo 254/2016 sulla comunicazione di informazioni di carattere non finanziario da parte delle grandi imprese costituisce un buon punto di partenza per disciplinare in maniera generale il tema dell'obbligatorietà dell'informazione non finanziaria, verso il quale prima o poi tutte le società, con modalità

e gradazioni differenti, dovranno tendere. L'informazione non finanziaria copre anche i temi ambientali, inclusi l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili e non rinnovabili, l'impiego di risorse idriche; le emissioni di gas ad effetto serra e le emissioni inquinanti in atmosfera; l'impatto sull'ambiente associato ai fattori di rischio ambientale. Il provvedimento in oggetto ha al momento valore su un numero limitato di aziende che, spesso, già da tempo redigono un report di sostenibilità.

3.4 Aspetti economici: alcune considerazioni

Dal quadro finanziario d'insieme appena delineato emergono chiaramente l'esigenza e la consapevolezza che, per essere effettivamente perseguito, l'obbiettivo di decarbonizzazione deve essere condiviso su scala internazionale. Tale indicazione trova una ulteriore sponda sul piano più strettamente economico: un eventuale percorso di riduzione delle emissioni fortemente asimmetrico tra paesi/aree potrebbe infatti portare a squilibri in termini di competitività con importanti ricadute sulle attività produttive.

Per testare l'importanza di questo assunto sono stati utilizzati due modelli in grado di simulare il contesto economico globale, prevedendo, per l'Italia, un percorso di decarbonizzazione in linea con quello tracciato nei Capitoli precedenti e imponendo, per gli altri paesi, il sostanziale rispetto degli obiettivi indicati dall'Accordo di Parigi, ovvero contenere l'incremento delle temperature globali a non oltre i 2°C.

In pratica, impiegando i modelli GDyn-E sviluppato presso ENEA e ICES presso CMCC, si è effettuato un primo esercizio ponendo un vincolo di convergenza alla riduzione delle emissioni per verificare se, in presenza di una prospettiva comune nella lotta ai cambiamenti climatici, lo "scarto economico" tra lo Scenario italiano di riferimento e quello di decarbonizzazione tende ad essere ampio (per i riferimenti essenziali dei modelli impiegati si veda il *Focus*).

Si tratta, è bene ribadirlo, di indicazioni iniziali di esiti che saranno influenzati da diversi fattori difficili da "quantificare" sin d'ora, quali, ad esempio, la capacita di coordinamento delle politiche internazionali (si pensi alla presenza o meno di un prezzo armonizzato della CO₂), la piena disponibilità/diffusione delle diverse tecnologie (e soprattutto il loro costo) o, ancora, il grado di uso del bilancio pubblico nel sostenere investimenti e compensare riallineamenti dei prezzi dell'energia. In un prossimo aggiornamento della Strategia, sarà possibile approfondire le analisi su tutti questi aspetti della "transizione", tenendo conto anche delle valutazioni previste a livello europeo su specifiche tecnologie-snodo (ad esempio, l'idrogeno).

Ciò premesso, l'esercizio effettuato suggerisce alcune conclusioni preliminari:

- Nello Scenario di decarbonizzazione, il livello del Pil italiano risulta solo leggermente più basso rispetto allo Scenario di riferimento almeno fino al 2040 (lo scarto è meno dell'1% che, spalmato su base annuale, corrisponde ad un differenziale di crescita inferiore al decimo di punto). Successivamente il gap cresce, diventando più consistente in particolare nell'ultimo quinquennio dell'arco previsivo;
- Tale dinamica è coerente con un costo marginale crescente dell'abbattimento delle emissioni residue che, a fine periodo, necessiterebbe anche di forti segnali di prezzo della CO₂. Come già detto in altri paragrafi di questa Strategia, emerge dunque la necessità, fin d'adesso, di implementare politiche di sostegno attivo nazionali ed europee allo sviluppo tecnologico *carbon-free*, incentivi all'innovazione e/o adeguati segnali di prezzo, in modo da evitare l'impennata dei costi nell'"ultimo miglio" del percorso verso la neutralità climatica;
- Sul piano settoriale, al di là del logico travaso di valore tra comparti energetici fossili e rinnovabili, emergono differenziali relativamente contenuti tra i due Scenari, considerando l'ampio arco temporale. In particolare, nella manifattura, si rileverebbe una performance relativamente migliore delle industrie meno energy-intensive.

Si registra un miglioramento complessivo del saldo commercialo determinato in larga parte dalla forte riduzione delle importazioni dei combustibili fossili. Più in generale, i modelli evidenziano un miglioramento

nelle ragioni di scambio dei paesi importatori netti di energia come l'Italia, e un peggioramento di quelle degli esportatori. A questo si aggiungerebbero gli effetti positivi di una riduzione dell'intensità energetica delle industrie manifatturiere che, come discusso nel paragrafo 3.1, risulta essere già in buona parte scontata sin dallo Scenario di riferimento, in piena coerenza con il principio europeo "energy efficiency first". In virtù di questa dinamica, potrebbe migliorare nel contesto macroeconomico internazionale anche il saldo commerciale delle industrie più energy-intensive e non solo di quelle leggere.

FOCUS: Modelli di equilibrio economico generale

Per l'analisi vengono utilizzati due modelli di equilibrio economico generale (CGE) dinamici-ricorsivi: GDyn-E sviluppato presso ENEA e ICES presso CMCC. Entrambi partono dal medesimo database di riferimento (GTAP versione 9, che include solo le emissioni *combustion based*), ¹¹² e sono armonizzati nelle ipotesi di costruzione degli scenari. La logica di equilibrio economico generale rappresenta l'economia globale in modo multiregionale e multisettoriale. Nell'economia agiscono agenti rappresentativi, imprese, famiglie e settore pubblico, perfettamente razionali, che operano sui mercati dei beni e servizi e dei fattori produttivi primari (lavoro, capitale, terra, risorse naturali). Entrambi i modelli ipotizzano che i mercati siano perfettamente concorrenziali e che prezzi perfettamente flessibili consentano l'uguaglianza tra domanda e offerta. I modelli permettono di determinare come domanda e offerta di fattori produttivi, beni e servizi rispondano all'introduzione di politiche energetiche e climatiche per determinare infine nuove dinamiche di prezzo, produzione e di impatto complessivo sulla performance dei sistemi economici interessati.

I modelli presentano comunque delle differenze che li rendono complementari. Da un lato il modello GDyn-E di Enea mostra un maggior dettaglio regionale, settoriale e tecnologico mentre il modello ICES del CMCC introduce il nuovo settore *Elettricità da fonti fossili con CCS* (Tabella 1). Dall'altro il modello ICES offre maggiore flessibilità nella rappresentazione delle politiche di mitigazione, permettendo di simulare l'imposizione dell'*emission trading* Europeo. L'uso combinato dei due modelli permette quindi di evidenziare aspetti diversi relativi alle conseguenze della politica esaminata.

Tabella 1. Dettaglio settoriale dei modelli GDyn-E e ICES

	GDyn-E	ICES			
Settori	23	19			
	Carbone (prod.)	Carbone (prod.)			
	Petrolio (prod.)	Petrolio (prod.)			
	Derivati petrolio e carbone (prod.)	Derivati petrolio e carbone (prod.)			
<u>.</u>	Gas naturale (prod. e distr.)	Gas naturale (prod. e distr.)			
Energia	Elettricità da fonti fossili	Elettricità da fonti fossili			
En	Elettricità da foriti fossili	Elettricità da fonti fossili con CCS			
	Elettricità da fonti rinnovabili	Elettricità da fonti rinnovabili			
	Elettricità da nucleare	Elettricità da nucleare			
	Trasmissione e distribuzione	Trasmissione e distribuzione			
	Agricoltura	Agricoltura			
	Chimico e petrolchimico	Chimico e petrolchimico			
	Siderurgia				
ø	Metalli non ferrosi	Industria ad alta intensità energetica			
stri	Minerali non metallici				
Industria	Cartario				
	Alimentare				
	Tessile	la dustale la serve			
	Metalmeccanico	Industria leggera			
	Altri settori industriali				
Servizi	Aviazione	Aviazione			
	Trasporto marittimo	Trasporto marittimo			
	Altri trasporti	Altri trasporti			
	Costruzione	Costruzione			
	Servizi	Servizi			
	Servizi	Servizi di pubblica utilità			

¹¹² Sono incluse nei modelli solo le emissioni di anidride carbonica derivanti dalla combustione di combustibili fossili (*Combustion based*) da parte di industrie e famiglie. In tali emissioni non sono incluse le emissioni di processo, né altri gas GHG e sequestro di carbonio dalle foreste.

-

Tabella 2. Dettaglio regionale dei modelli GDyn-E e ICES

	GDyn-E	ICES			
Regioni	18	10			
Unione Europea	Italia	Italia			
	Francia	Francia			
in:	Germania	Germania			
ne F	Regno Unito	Regno Unito			
loin	Spagna	Resto dell'UE15			
5	Resto dell'UE15	Resto dell DE15			
	EU13	EU13			
Rest o dell' OCS	USA	USA			
	Messico	Resto dell'OCSE			
	Resto dell'OCSE	Resto dell'OCSE			
	Cina	Cina			
9	India				
Resto del mondo	Brasile				
	Sud Africa				
	ASEAN	Resto del mondo			
	OPEC				
	Federazione Russa				
	Resto del mondo				

Posto che per l'Italia le ipotesi adottate nello Scenario di riferimento e in quello di decarbonizzazione sono in linea con quelli descritti nel Capitolo 1:

- per i paesi europei, sono stati considerati l'"*EU Reference Scenario*" (EC 2016)¹¹³ e lo scenario EUCO3232.5 (EC2019)¹¹⁴ mentre gli obiettivi di decarbonizzazione nel periodo 2030-50 sono quelli dello scenario 1.5TECH (COM(2018)773);¹¹⁵
- per gli altri paesi si è seguito il *Reference Technology Scenario* e uno Scenario "2°C" analogo a quello 2DS entrambi dell'ETP/IEA (2017). 116

¹¹³ EU Reference Scenario 2016 - Energy, Transport and GHG Emissions: trends to 2050. Report prepared for the European Commission, DG Energy, DG Climate Action and DG Mobility and Transport. July 2016.

¹¹⁴ European Commission (2019). Technical report on EUCO3232.5 scenario.

¹¹⁵ In depth analysis in support of the Commission communication (COM(2018) 773), tabella 9, pag. 198.

¹¹⁶ IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017.