

Facoltà di Scienze Politiche Economiche e Sociali

Corso di Laurea in Economia e Management



Emissioni di gas ad effetto serra da attività
economiche NACE dell'Eurozona ed intensità dei
feedback climatici

Relatore: Prof. Francesco Maria Fasani

Tesi di Laurea di:
Samir Doghmi
Matr. 940850

Anno Accademico 2021 / 2022

INDICE

INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 1: RISCALDAMENTO GLOBALE	5
1.1 EVIDENZE IMPATTO ATTIVITÀ UMANE SULLA TEMPERATURA GLOBALE	5
1.2 PRINCIPALI DRIVERS ANTROPOGENICI	7
1.3 I RISCHI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO RILEVATI DAL'IPCC (AR6)	8
1.3.1 SISTEMICI UNICI E MINACCIATI (INDICATI DA RFC ₁).....	9
1.3.2 EVENTI METEREologici ESTREMI (INDICATI DA RFC ₂).....	10
1.3.3 DISTRIBUZIONE NON UNIFORME DEGLI IMPATTI SULLE COMUNITÀ (INDICATI DA RFC ₃)	11
1.3.4 IMPATTI GLOBALI CUMULATIVI (INDICATI DA RFC ₄).....	13
1.3.5 EVENTI SINGOLARI SU LARGA-SCALA (INDICATI DA RFC ₅).....	13
1.3.6 MAGGIORE SINERGIA E COOPERAZIONE INTERNAZIONALE	14
1.4 AZIONE DI MITIGAZIONE DI UE E STATI MEMBRI NEL SETTORE ENERGETICO ...	15
1.4.1 SVILUPPO DELL'ETS NELL'UE	15
1.4.2 OBIETTIVI RAGGIUNTI AGENDA 2020	18
1.4.3 VERSO IL 2030	19
CAPITOLO 2: INTRODUZIONE AI DATI PANEL	24
2.1 INTRODUZIONE ALLA REGRESSIONE	24
2.2 VARIABILE DIPENDENTE	28
2.3 VARIABILI INDIPENDENTI.....	34
2.3.1 QUOTA DI RINNOVABILI.....	34
2.3.2 CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA.....	36
2.3.3 INTENSITÀ ENERGETICA	37
2.3.4 QUOTA COMBUSTIBILI FOSSILI.....	39
2.3.5 VALORE AGGIUNTO LORDO DA SETTORE MANUFATTURIERO	40
2.3.6 REDDITO MEDIANO EQUIVALENTE DELLE FAMIGLIE	41
CAPITOLO 3: ANALISI DI REGRESSIONE.....	43
3.1 MODELLO APPLICATIVO.....	43
3.1.1 MODELLO CON EFFETTI FISSI.....	44
3.1.2 MODELLO CON EFFETTI RANDOM.....	45
3.2 STIMA DEI COEFFICIENTI E COMMENTO DEI RISULTATI	47
3.3 CONCLUSIONE	49
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	51

INTRODUZIONE

Questo lavoro di Tesi ha avuto come obbiettivo la stesura di un documento con focus sulle emissioni di gas ad effetto serra dell'Eurozona a livello energetico, che potesse dare un'istantanea sui fattori significativi da cui dipendono, sulle politiche comuni necessarie da intraprendere nella mitigazione della concentrazione di questi gas e l'effetto combinato sul clima. Quantitativamente, si vuole stimare con una regressione semplice gli effetti casuali dei drivers principali considerati sull'emissioni di gas ad effetto serra e identificare i paesi membri più inquinatori dell'EU-19.

La questione del cambiamento climatico può sembrare remota e di poco conto rispetto a problemi più immediati come la povertà e recessione economica. Ma le capacità di affrontare con successo queste priorità fondamentali per lo sviluppo economico e sociale rischiano di essere minate dai riscontri significativi dell'innalzamento delle temperature globali. Il riscaldamento dell'atmosfera è già in atto e sta influenzando i bisogni primari delle persone come accesso all'acqua, ai servizi igienici di base, salute, sicurezza alimentare e un riparo sicuro. In questo ambito sono state utilizzate le proiezioni più accreditate a livello internazionale dell'Intergovernmental Panel on Climate Change riguardo la potenziale intensità dei cambiamenti.

Negli ultimi anni è cresciuta sempre di più la consapevolezza sulla necessità di preservare gli equilibri tra natura e attività umane. Indubbiamente la pandemia ha sollevato domande sulla collaborazione internazionale e sul trade-off tra crescita economica e mitigazione delle emissioni di gas ad effetto serra per garantire che nessun paese sia lasciato indietro nel processo di transizione energetica.

Le sfide che devono essere affrontate per raggiungere l'obbiettivo dell'accordo di Parigi di mantenere la temperatura globale ben al di sotto dei 2 °C e di proseguire gli sforzi per limitarne l'incremento a 1,5°C, dovranno essere di portata radicale e su larga scala.

L'Unione Europea e in particolare l'Eurozona, soggetto di analisi di questo documento, ha intrapreso iniziative mirate a ridurre i consumi di combustibili fossili, promuovendo una convergenza sull'impiego di fonti rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica. Il panorama energetico europeo ha subito importanti cambiamenti con i vettori verdi che hanno avuto una forte implementazione della propria quota nel mix energetico nel periodo 2010-2020. Il quadro 2030 per il clima e l'energia comprende obbiettivi politici ancora più ambiziosi dei traguardi raggiunti con successo del pacchetto 20/20/20. Sono stati inoltre approvati

numerosi interventi legislativi che forniscono una traiettoria efficiente e un'integrazione maggiore del mercato energetico europeo.

Riguardo alla struttura dell'elaborato, il primo capitolo riporta le evidenze empiriche sulla relazione tra gas ad effetto serra antropico e innalzamento della temperatura, per poi descrivere nel dettaglio i possibili impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi naturali e sulle attività umane.

Il secondo capitolo introduce la regressione considerata e approfondisce le variabili esplicative scelte per stimare la variabile dipendente. Vengono inoltre discusse le osservazioni per ogni stato membro e per ogni raggruppamento nell'arco temporale 2008-2020. Le osservazioni sono state raccolte in un dataset creato a partire dagli indicatori resi disponibili da Eurostat.

Nell'ultimo capitolo, dopo un rapido approfondimento sugli aspetti metodologici dei data panel, vengono messi a confronto i risultati relativi alla specificazione e alla stima di due versioni diverse, l'una ad effetti fissi e l'altra ad effetti casuali, del modello adottato per analizzare le relazioni ipotizzate. Applicheremo le conoscenze espresse nei capitoli precedenti per raggiungere lo scopo di questo elaborato: la stima degli effetti delle variabili considerate sull'emissioni di GHG. Vengono in ultimo discussi i risultati dei modelli implementati. Alcune considerazioni finali di sintesi concludono il lavoro.

CAPITOLO 1: RISCALDAMENTO GLOBALE

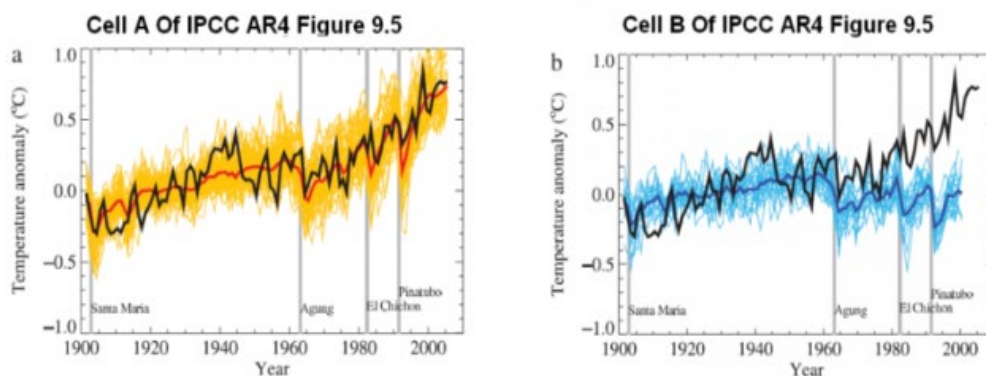
1.1 EVIDENZE IMPATTO ATTIVITÀ UMANE SULLA TEMPERATURA GLOBALE

Molti paesi hanno iniziato a comprendere i rischi climatici derivanti dalle emissioni di gas serra e iniziato a limitarle. Lo sviluppo sostenibile è entrato a far parte del linguaggio comune delle agende politiche di istituzioni pubbliche e di piani di imprese private, ma secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), questi sforzi non sono sufficienti per raggiungere gli ambiziosi obiettivi fissati.

IPCC, istituito nel 1988 dalla World Meteorological Organization (WMO) e dallo United Nations Environment Programme (UNEP), ha l'obiettivo di fornire una valutazione e una migliore comprensione degli aspetti del cambiamento climatico, compreso il modo in cui le attività umane possono causare tali cambiamenti e possono esserne influenzati. Secondo il report dell'IPCC del 2007, ha affermato che ***“è estremamente probabile che l'influenza umana abbia riscaldato l'atmosfera, l'oceano e la terraferma; che hanno portato a cambiamenti rapidi e diffusi nell'atmosfera, nell'oceano, nella criosfera e nella biosfera”***.

Le prove di questa affermazione provengono da simulazioni di modelli climatici che considerano il forzante radiativo equivalente (ERF). Si tratta di una misura per valutare, confrontare e classificare le influenze dei fattori antropogenici e naturali sul cambiamento climatico, in relazione alla temperatura superficiale media. Il potenziale nesso causale tra temperatura e feedbacks ha fornito una dimostrazione possibile degli agenti antropici nel perturbare l'equilibrio energetico e nell'accentuare i cambiamenti climatici. Tuttavia, risulta complesso discernere le influenze degli ERF dalle risposte della temperatura che alterano a loro volta le attività umane responsabili dell'incremento di concentrazione di questi gas nell'atmosfera.

La figura 1 (b) mostra la tendenza se si valutano solo forzanti radiativi naturali nei modelli, come attività solare e vulcanica. Si può notare come le variazioni formulate non possano “spiegare” l'incremento termico non indifferente degli ultimi 50 anni. La figura sottostante 1 (a) mostra una chiara relazione tra cambiamenti osservati nella temperatura globale e i cambiamenti medi della temperatura se consideriamo nei modelli climatici anche le cause antropiche. L'evidenza rilevata dell'IPCC (AR4) ha portato gli studiosi a ribadire con una certa confidenza che le emissioni cumulative di gas serra aggiunte nell'atmosfera, principalmente emesse da attività umane, sono una causa indiscutibile del riscaldamento globale.



La figura 1- mostra i risultati di 58 simulazioni prodotte da 14 modelli climatici. La linea nera mette in risalto variazioni di temperature osservate relativi alla media 1901-1950. Per (a), i risultati del modello considerando le forze radiativi di diversa natura, sono rappresentate da linee di color oro, mentre la linea rossa mostra la media delle simulazioni. Per (b) le linee celesti e la linea blu sono rispettivamente il risultato delle misurazioni computerizzate considerando solo le variabili naturali e la loro media. Le quattro linee verticali indicano le principali eruzioni vulcaniche (processi naturali che causano un raffreddamento di breve durata dopo che l'evento ha avuto luogo). [Source: (da IPCCAR4, 2007).]

Gli autori hanno stimato che le attività umane abbiano causato circa 1.0°C di riscaldamento globale al di sopra dei livelli preindustriali, con un probabile intervallo compreso tra $0,8^{\circ}\text{C}$ e $1,2^{\circ}\text{C}$ [vedi fig 2]. Si noti come negli ultimi quarant'anni ciascun decennio è stato più caldo del precedente in media. Queste variazioni stanno influenzando il clima in ogni regione del mondo; condizioni estreme come ondate di calore, forti precipitazioni, siccità e cicloni tropicali si sono intensificate.

È probabile che il riscaldamento globale raggiunga $1,5^{\circ}\text{C}$ tra il 2030 e il 2052 se continua ad aumentare al ritmo attuale nello scenario di "business as usual"; ovvero quello in cui continuiamo ad emettere grandi quantità di gas ad effetto serra (GHG).

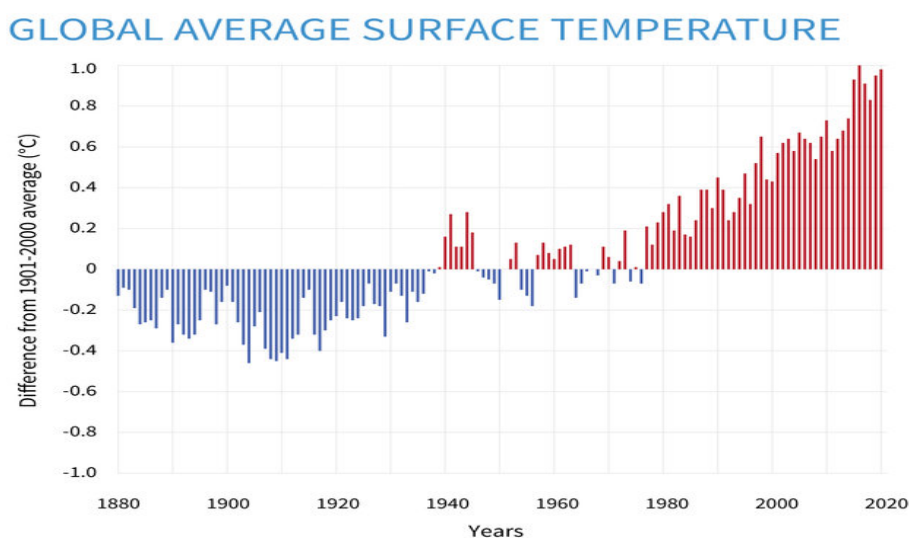


Fig. 2- Temperatura superficiale annuale rispetto alla media del 20 ° secolo dal 1880 al 2020. Le barre blu indicano anni più freddi della media; le barre rosse mostrano anni più caldi della media. [Source: IPCC (AR6)]

Non di meno va sottolineata la forte interdipendenza tra clima, ecosistemi e società umane; ci si aspetta che il cambiamento climatico avvenga a un ritmo più rapido rispetto alla velocità con cui gli ecosistemi riusciranno a adattarsi e ristabilirsi.

1.2 PRINCIPALI DRIVERS ANTROPOGENICI

I gas ad effetto serra hanno un'influenza significativa sul clima terrestre: quando l'energia solare raggiunge la Terra, il pianeta assorbe parte di queste radiazioni infrarosse e i GHG, fungendo da filtro, riflettono verso il suolo una frazione delle radiazioni solari emesse/rifratta dalla superficie, limitando la loro fuori-uscita dall'atmosfera. La temperatura della superficie terrestre dipende da questo equilibrio tra calore in entrata e in uscita. Questo ciclo è essenziale per mantenere condizioni di vita favorevoli per gli abitanti microbici, animali e vegetali. Senza questo effetto serra naturale, la temperatura media della superficie precipiterebbe a circa -18 °C. Tuttavia, l'aumento di concentrazione di questi gas, dovuto alle attività umane, sta creando uno sbilanciamento energetico (forzatura positiva), trattenendo una quantità maggiore di calore nell'atmosfera che provoca il riscaldamento della superficie. Le fonti antropiche (principalmente la combustione di combustibili fossili e i cambiamenti nell'uso del suolo) ne hanno aumentato significativamente la presenza dall'inizio dell'ultimo secolo alterando gli equilibri radiativi.

Nel 2015 [fig 3], le emissioni mondiali stimate ammontavano a quasi 47 miliardi di tonnellate, espresse come equivalente di anidride carbonica. Ciò ha rappresentato un aumento del 43% rispetto al 1990. In dettaglio le emissioni di anidride carbonica (CO₂), che rappresentano tre quarti delle emissioni totali, sono aumentate del 51% in 25 anni, mentre le emissioni di metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) rispettivamente del 17% e 24%.

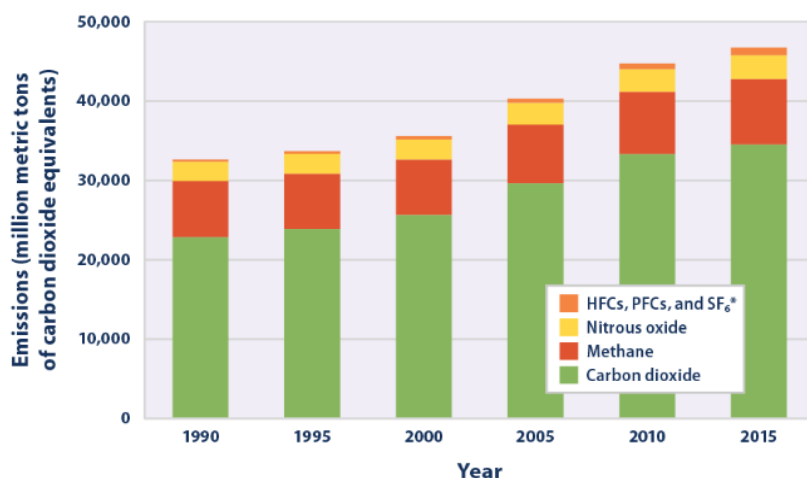


Fig. 3- mostra le emissioni dei maggiori contributori delle emissioni di GHG (comprese le emissioni LULUCF) tra il 1990 e 2015, espresse in equivalenti di anidride carbonica. [United States Environmental Protection Agency (EPA)]

Ciascuno di questi gas può rimanere nell'ambiente per diversi periodi, che vanno da pochi anni a migliaia di anni. Nel tempo vengono rimossi dall'atmosfera da reazioni chimiche o pozzi di assorbimento di emissione, come oceani e vegetazione. Come risultato delle attività umane, tuttavia, questi gas entrano nell'atmosfera più rapidamente di quanto non vengano rimossi, aumentandone la concentrazione.

1.3 I RISCHI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO RILEVATI DAL'IPCC (AR6)

Il sesto rapporto di valutazione (AR6) del gruppo intergovernativo IPCC mira a valutare i feedback del cambiamento climatico attraverso cinque macrocategorie di rischio note come “the reasons of concern” in linea con gli obbiettivi dell'articolo 2 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC).

Nell'ambito di queste considerazioni, che vede il contributo di oltre 110 autori provenienti da quasi 40 paesi, gli RFC hanno mostrato fin dal 2001 come livelli più elevati di riscaldamento globale, portino a un rischio progressivamente maggiore di impatti negativi su più settori [figura 4].

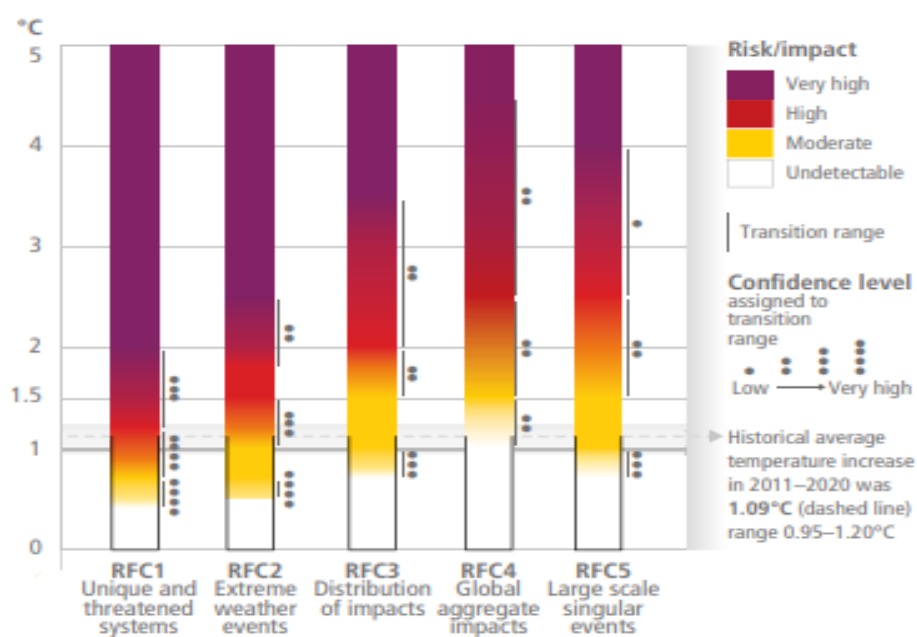


Fig. 4- Rischi chiave dell'ecosistema terrestre e idrico a vari livelli di riscaldamento. Il viola indica una probabilità molto alta di impatti o rischi gravi, il rosso indica impatti o rischi significativi e diffusi, il giallo indica rischi rilevabili e il bianco non indica rischi rilevabili. I punti neri indicano il livello di confidenza nei risultati. Fonte: IPCC (AR6)

GLI RFC VENGONO RAGGRUPPATI COME SEGUE:

1.3.1 SISTEMICI UNICI E MINACCIATI (INDICATI DA RFC1)

Si tratta di sistemi ecologici e umani presenti in un'area geografica limitata, vincolati a specifiche condizioni uniche con una rilevante presenza di organismi animali e vegetali endemici. Ne sono un esempio le barriere coralline, Artico, popolazioni indigene, i ghiacciai montani e le zone ad alta concentrazione di biodiversità come le foreste tropicali. Ourworldindata sottolinea come quasi metà del suolo è sottoposto ad attività agricole e zootecniche. Le monocolture e la deforestazione hanno portato alla perdita di vaste aree di praterie selvagge, e foreste che hanno arrecato un grave costo per gli equilibri degli ecosistemi ambientali. Nel 2017 le aree protette terrestri e di acqua dolce ammontavano rispettivamente al 46% e al 43% dei siti più importanti per la biodiversità della superficie terrestre e marina. I ricercatori evidenziano come una variazione di temperatura superiore ad 1°C, porterebbe a pressioni sempre più intense negli ecosistemi, nelle interazioni ecologiche tra specie, e nella loro distribuzione geografica con conseguenti effetti a cascata e declino della biodiversità.

1.3.2 EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI (INDICATI DA RFC2)

Rischi/impatti per la salute umana, i mezzi di sostentamento, i beni e gli ecosistemi causati da eventi meteorologici estremi come ondate di calore, precipitazioni intense, siccità e correlati incendi boschivi, e inondazioni costiere.

Viene stimato che con un riscaldamento globale di 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali, si verificherebbero numerosi cambiamenti regionali nel clima, tra i quali l'innalzamento dei picchi di temperatura in molte zone, l'aumento della frequenza delle precipitazioni in molte regioni e un aumento nell'intensità o nella frequenza di siccità in alcune zone.

L'aumento del riscaldamento amplifica l'esposizione per molti sistemi umani ed ecologici di piccole isole, di zone costiere a basse quote e dei delta fluviali, ai rischi legati all'innalzamento del livello del mare, tra i quali l'aumento dell'intrusione salina, di inondazioni e di danni alle infrastrutture. Sono inoltre previste maggiori migrazioni climatiche e tensioni crescenti per l'accesso e l'uso delle risorse naturali. Secondo le statistiche pubblicate, nel 2020, dal Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC), dal 2008 oltre 318 milioni di persone sono state sfollate forzatamente a causa di disastri ambientali come inondazioni, tempeste, terremoti e siccità. A seconda della frequenza e dell'entità delle grandi catastrofi naturali che si verificano, vi sono fluttuazioni significative nel numero totale di sfollati da un anno all'altro, ma la tendenza negli ultimi decenni è stata in crescita, con 30.7 milioni di sfollati nel solo 2020. Sebbene una diretta correlazione al cambiamento climatico non è facile da

stabilire, poiché ci sono in gioco anche fattori di diversa natura (demografici, storici, politici e economici), è plausibile che aggiunga ulteriore stress alle risorse naturali e sociali.

New displacements by disasters: breakdown by hazards (2008-2020)

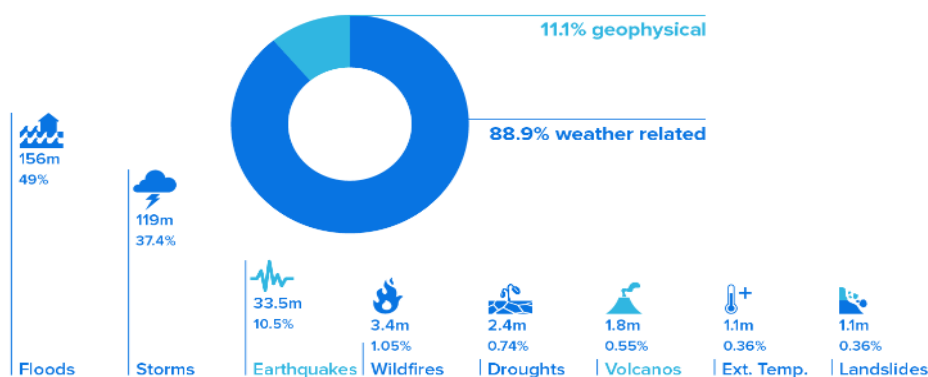


Fig. 5- percentuali di sfollati per tipo di evento naturale tra il 2008 e 2020. Fonte: Internal Displacement Monitoring Centre- anno 2020.

1.3.3 DISTRIBUZIONE NON UNIFORME DEGLI IMPATTI SULLE COMUNITÀ (INDICATI DA RFC3)

Questa categoria di rischio riflette gli impatti dei cambiamenti climatici che incidono in modo sproporzionato su determinati gruppi a causa della distribuzione non uniforme dei rischi fisici del cambiamento climatico, dell'esposizione o della vulnerabilità. L'irregolarità può riguardare la posizione geografica, il reddito, la ricchezza, il sesso, l'età o altre caratteristiche fisiche e socioeconomiche.

Gli autori del report hanno considerato la diminuzione della resa delle colture terrestri e marine come un segnale premonitore del rischio attribuibile alla sicurezza alimentare. Il passaggio da 1,5°C a 2°C aumenterebbe il rischio idrico e porterebbe ad una riduzione della produzione agricola in alcune regioni. Senza adattamenti tempestivi si prevedono perdite di produttività di grano, riso e mais. Le proiezioni di perdita di resa sono maggiori a basse latitudini, nelle regioni tropicali come l'Africa, l'Asia Meridionale e l'America Centrale e Meridionale. L'esposizione a rischi multipli e composti legati al clima colpirà maggiormente i paesi emergenti più suscettibili ai rischi legati ai mutamenti degli ecosistemi ambientali, dove il settore primario tende a costituire una fetta più ampia dell'economia con percentuali maggiori di persone a rischio povertà e mal nutrimento.

Questa tendenza potrebbe portare ad un ampliamento delle disparità sociali, delle disuguaglianze, specialmente nei luoghi dove le misure di salute pubblica e le strutture di supporto sociale sono limitate.

Nel 2021 secondo l'OMS, 884 milioni di persone non hanno accesso a adeguate forniture di acqua potabile e 2 miliardi di persone non hanno accesso a servizi igienici di base. Le donne vengono colpite in maniera sproporzionata da una crisi idrica in quanto sono spesso responsabili della raccolta di acqua, oltre che dalla cura della famiglia, principalmente in Medio Oriente e Africa.

Stando all'agenzia degli Stati Uniti per lo sviluppo internazionale (USAID), quasi il 75% di tutte le malattie emergenti nel XXI secolo, che colpiranno gli esseri umani, saranno zoonotiche. La variabilità del cambiamento climatico sulla distribuzione geografica e l'incidenza delle malattie trasmesse da vettori (come le zanzare), altera la sensibilità di adattamento dei patogeni e l'immunità dell'ospite, aumentando i tassi di infezione. Questi effetti crescenti combinati con shock non prevedibili possono sopraffare i servizi sociali e sanitari. La pandemia di COVID-19 è la dimostrazione della fragilità dei sistemi sanitari e dell'insufficiente cooperazione internazionale in risposta alle carenze di attrezzature mediche e condivisioni di conoscenze e competenze; sfociando in un "nazionalismo del vaccino" che ha minato gli sforzi globali per attenuare la diffusione del virus. Non di meno sono risaltati come fattori critici le scarse infrastrutture, i finanziamenti inadeguati, la mancata trasparenza e la cattiva gestione che hanno portato a lockdown generali per scongiurare la crescita esponenziale dei casi positivi durante la prima e seconda ondata. Il Global Health Security Index 2021 (GHS) basato su 37 indicatori ha evidenziato come il 65% dei paesi analizzati (167 su 195) non disponesse di un piano nazionale globale di risposta alle emergenze di salute pubblica per malattie con potenziale epidemico.

1.3.4 IMPATTI GLOBALI CUMULATIVI (INDICATI DARFC4)

Questa categoria comprende i danni economici globali, la degradazione e la perdita di ecosistemi e biodiversità su scala globale.

Questa categoria di rischio riflette gli impatti sui sistemi socio-ecologici che possono essere aggregati a livello globale secondo metriche come vite colpite, danni monetari, numero di specie a rischio di estinzione o degrado e perdita di un certo numero di ecosistemi. Il degrado di questi fattori può essere causato dalla trasformazione su vasta scala dei biomi (comunità biogeografiche distinte) e dalle interazioni tra flora e fauna.

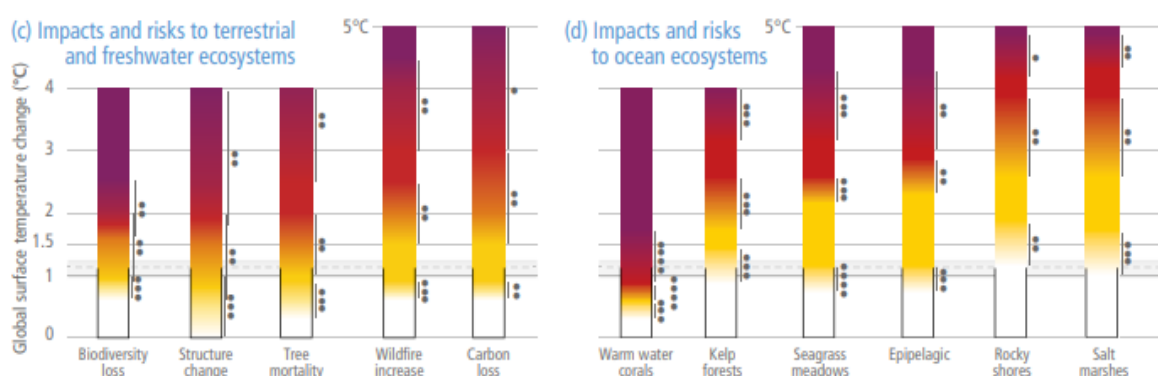


Fig. 6- La linea orizzontale indica l'attuale riscaldamento globale di 1,09°C, utilizzato per separare gli impatti passati osservati al di sotto della linea dai rischi futuri previsti al di sopra di essa. Con l'aumento della temperatura i rischi potenziali e la pressione sugli ecosistemi aumentano. Anche un adattamento efficace non previene tutte le perdite e i danni potenziali, la flessibilità e lo spazio di manovra diminuiscono e diventano più onerose con l'innalzamento delle temperature. Fonte: IPCC (AR6), anno 2021.

1.3.5 EVENTI SINGOLARI SU LARGA-SCALA (INDICATI DARFC5)

Si tratta di cambiamenti relativamente grandi, improvvisi e a volte irreversibili causati dal riscaldamento globale, come lo scioglimento della calotta polare.

L'aumento della CO₂ atmosferica è direttamente correlato allo scioglimento accelerato del ghiaccio marino e dei ghiacciai montani. Il ritiro della coltre glaciale e il rintracciamento del permafrost inducono un maggiore irraggiamento luminoso e aumento temperatura media degli oceani.

L'incremento dell'immissione di acqua dolce nell'ecosistema può influenzare la stratificazione dell'oceano stesso (le acque più a contatto con la superficie hanno caratteristiche chimiche e fisiche diverse rispetto a quelle in profondità) e alterare lo scambio di calore con l'atmosfera e la circolazione termoalina (THC).

Il moto delle correnti contribuisce ad equilibrare gli sbilanciamenti di calore ed energia tra differenti aree del pianeta trasportando le masse d'acqua da latitudini equatoriali a quelle

polari, dove si raffreddano, liberando calore e influenzando nel loro percorso l'intera biodiversità marina.

Uno recente studio, condotto dalla Chinese Academy of Sciences's Institute of Oceanology e pubblicato su Science Advances nel 2020, sostiene che un aumento di GHG sta facendo aumentare la velocità del vento e delle correnti oceaniche, con conseguenti incrementi di energia cinetica e temperatura che potrebbero potenzialmente minacciare l'equilibrio climatico. Circolazione atmosferica e oceanica, insieme, influenzano il bilancio radiativo al netto dell'effetto serra.

1.3.6 MAGGIORE SINERGIA E COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Sebbene sia inequivocabile che il cambiamento climatico influisca sulla salute umana, resta difficile stimare con precisione la portata, l'impatto e la sovrapposizione di molti rischi per la salute sensibili al clima. Tuttavia, i progressi scientifici ci consentono progressivamente di attribuire un aumento della morbilità e della mortalità al riscaldamento indotto dall'uomo e determinare con maggiore precisione i rischi e la portata di queste minacce per la salute. Nel breve e medio termine, gli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute saranno determinati principalmente dalla vulnerabilità delle popolazioni, dalla loro resilienza all'attuale tasso di cambiamento climatico e dalla portata e dal ritmo dell'adattamento. La pianificazione integrata, multisettoriale, multi-attore e una governance adeguata sono fondamentali per fornire soluzioni che promuovono una crescita sostenibile di lungo periodo e le conservazioni dei sistemi umani e biologici.

Per raggiungere questi obiettivi, L'OECD, nel report "Managing Climate Risks, Facing up to Losses and Damages" (2021), sottolinea che saranno fattori determinanti nel migliorare l'accesso alle risorse finanziarie (nazionali e internazionali, pubbliche e private), la disponibilità di capacità tecniche specifiche, e l'efficacia e la coerenza degli interventi politici progettati per aumentare la validità delle azioni intraprese. In molti paesi in via di sviluppo, le iniziative per ridurre e gestire i rischi di perdite e danni dipenderanno in misura maggiore dal sostegno a livello internazionale. Sono necessarie sinergie top-down efficaci per garantire uno sviluppo sociale equo a livello globale.

1.4 AZIONE DI MITIGAZIONE DI UE E STATI MEMBRI NEL SETTORE ENERGETICO

L'unione Europea si è posizionato come uno degli attori più attivi a livello internazionale in termini di misure per limitare il cambiamento climatico e promuovere uno sviluppo sostenibile. L'UE mira, inoltre, a diventare un leader nelle tecnologie pulite, nella ricerca e nell'innovazione. Si tratta di obiettivi chiave della strategia di crescita portate avanti dal Green Deal (2019) che *“dovrebbe trasformare l'UE in una società equa e prospera, con un'economia moderna efficiente sotto il profilo delle risorse e della competitività”*.

La Commissione mira a rafforzare le sinergie tra circolarità e riduzione dei gas a effetto serra, in conformità con le direttive del protocollo di Kyoto riguardo la convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. L'Unione persegue il controllo del consumo di energia europeo, un maggiore ricorso a fonti rinnovabili, associati ai risparmi energetici e ad un aumento dell'efficienza energetica. Congiuntamente, ritiene che il carbonio presente nell'atmosfera debba essere assorbito attraverso il ripristino degli ecosistemi, la tutela e la gestione sostenibile delle foreste, l'imboschimento e il sequestro di carbonio. Ogni stato membro è vincolato dal presentare alla Commissione e successivamente attuare il proprio piano nazionale per le energie rinnovabili dove vengono fissati gli obiettivi e le previsioni in linea alla traiettoria indicativa stabilita a livello di Unione.

Vengono inoltre incentivati progetti comuni tra gli stati membri per armonizzare i regimi tecnici e sviluppare un'infrastruttura di rete e distribuzione di energia più integrata. La politica climatica dell'UE guida gli sforzi nazionali per mitigare e adattarsi ai cambiamenti climatici.

1.4.1 SVILUPPO DELL'ETS NELL'UE

Il “pacchetto”, contenuto nella Direttiva 2009/29/CE, ha rafforzato le misure nazionali adottate verso un approccio integrato e coordinato a livello di UE. Inoltre, ha introdotto una revisione del sistema UE-ETS (European Union Emissions Trading Scheme) entrato in vigore dal 2005. Si tratta del principale strumento per la riduzione delle emissioni di gas serra nei settori energetici e industriali a maggior impatto sui cambiamenti climatici.

Questo sistema prevede che ogni impianto generatore di energia e industria ad alta intensità energetica debba compensare annualmente le proprie emissioni con quote (equivalenti a tonnellate di CO₂eq) che possono essere vendute e comprate dai singoli operatori ad un determinato prezzo. UE ETS segue il principio “cap and trade”; stabilisce un tetto massimo alla quantità di anidride carbonica che possono essere emesse da tutti i soggetti di un settore e le

quote vengono messe all'asta o assegnate gratuitamente in base al rischio di rilocalizzazione della produzione in regioni con regolamentazione ambientale più permissiva. I due criteri di valutazione sono l'onerosità del carbonio sul bilancio e l'intensità della quota di scambi commerciali con paesi extra-UE sul fatturato totale. I sistemi Cap and Trade consentono ai partecipanti di scegliere se investire nella riduzione delle emissioni o acquistare quote aggiuntive per coprire le proprie emissioni inquinanti.

Si è così riusciti a stabilire un prezzo per il carbonio, la creazione di un mercato di libero scambio di quote di emissioni in tutta l'Unione e il relativo benchmark. Secondo MSCI, il sistema EU ETS ha rappresentato circa il 90% dell'intero fatturato globale dei crediti di carbonio nel 2021, rendendolo il mercato più liquido e sviluppato rispetto le sue controparti nel mondo.

1.4.1.1 FASI TEMPORALI

La prima fase di sviluppo (2005-2007) del mercato ETS comprendeva più di 12.000 organizzazioni e il criterio di partecipazione utilizzato si riferiva alla potenza termica nominale superiore a 20 MW, rappresentando circa il 40% delle emissioni di CO₂. La seconda fase 2008-2012 con la crisi bancaria e la recessione, avevano portato al ribasso il prezzo del carbonio e di conseguenza un minore incentivo per le imprese a ridurre la propria impronta. Nella terza fase (2013-2020), la Commissione Europea ha introdotto una serie di modifiche e limitazioni con l'inclusione anche delle emissioni del settore dell'aviazione.

La quarta fase (2021-2030) ha imposto importanti cambiamenti:

- il cap delle emissioni dagli enti coperti viene ulteriormente ridotto ad un tasso del 2,2% annuale e non sarà possibile l'utilizzo della compensazione extra UE;
- l'inclusione del settore marittimo a partire dal 2023 e un ETS separato per i combustibili per gli edifici e il trasporto su strada;
- l'introduzione di un meccanismo di adeguamento delle frontiere del carbonio (CBAM) che prezza i beni importati in base alle loro emissioni incorporate a partire dal 2026 e incoraggia i paesi partner a stabilire politiche di prezzo del carbonio. L'idea è quella di prevenire la rilocalizzazione delle produzioni ad alta intensità di carbonio in giurisdizioni più flessibili;
- la graduale eliminazione dell'assegnazione gratuita al settore dell'aviazione e un aggiornamento dei parametri

La revisione degli sforzi punta ad ottenere una riduzione del 55% delle emissioni nell'EU rispetto al 1990, in conformità con gli obiettivi climatici del 2030.

1.4.1.2 CRITICHE

L'EU ETS ha ricevuto molte critiche da studiosi e ONG riguardo alcune carenze, tra cui: assegnazione eccessiva di permessi che abbassano il prezzo del carbonio nella fase 3, profitti eccessivi per le aziende produttrici di energia e volatilità del benchmark. Finora, i progressi compiuti nella riduzione delle emissioni ETS sono stati principalmente dovute alle riduzioni nel settore energetico, con emissioni industriali solo marginalmente diminuite negli ultimi 15 anni [fig. 7]. In dettaglio, le emissioni di imprese storiche a rischio di delocalizzazione sono state coperte al 100%. Questo metodo ha in parte penalizzato quei produttori innovativi a impatto minore. Poiché il passaggio a un processo a basse emissioni può comportare la riduzione dell'assegnazione gratuita e senza emissioni un impianto, in base ai parametri di riferimento, non viene coperto dal mercato ETS.

Un esempio che può chiarire meglio il meccanismo è l'idrogeno; la maggior parte dell'idrogeno viene prodotto tramite reazione di reforming con il vapore, un processo di produzione in cui viene utilizzato vapore ad alte temperature (700°C – 1.000°C), che funge da catalizzatore per produrre l'idrogeno a partire dal metano. Trattandosi di un combustibile fossile, tra gli scarti figurano il monossido di carbonio e altre impurità responsabili delle emissioni di CO_2 nell'atmosfera.

Nonostante queste prerogative, gli impianti vengono coperti dall'assegnazione gratuita mentre l'idrogeno verde ottenuto per elettrolisi (scissione dell'acqua in ossigeno e idrogeno per mezzo di corrente elettrica prodotta da FER) viene escluso, non compensando parte dell'investimento effettuato. Il risultato è la bassa competitività del prezzo dell'idrogeno prodotto con un processo carbon neutral; che nel 2020 secondo un rapporto dell'ACER, risultava essere da tre a cinque volte superiore al prezzo del gas convenzionale.

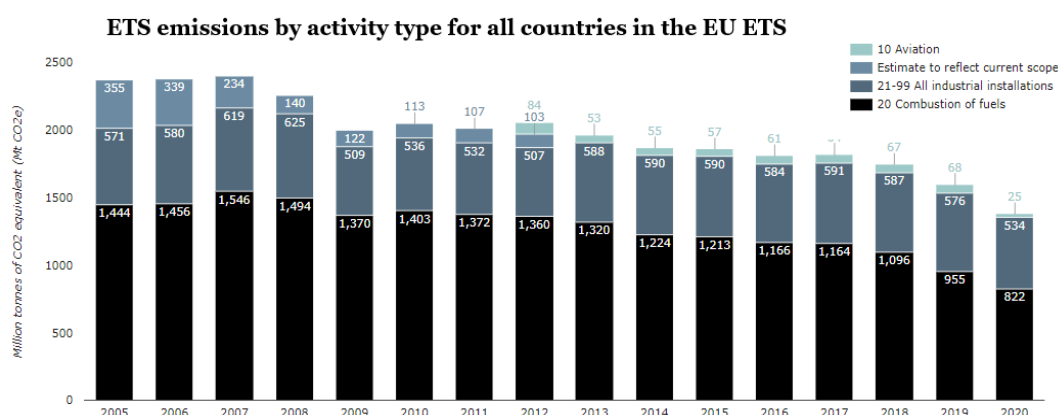


Fig. 7 – le emissioni dalla combustione di combustibili sono diminuite del 43% rispetto al 2005, mentre le emissioni da impianti industriali sono diminuite del 6,50%. Il traffico di passeggeri aerei è stato pesantemente interrotto dalla pandemia, determinando una massiccia riduzione delle emissioni del trasporto aereo coperte dall'ETS, da 68 MtCO₂ e a 25 MtCO₂. Fonte: articolo dell'Agenzia Europa dell'ambiente.

Con il RepowerEU verranno generati ulteriori 20 miliardi di permessi al fine di finanziare gli impianti di gas e petrolio. Secondo il Carbon Market Watch, liberare quote di riserva che permettano un rilascio aggiuntivo di emissioni, significa annullare importanti azioni per rafforzare l'ETS alla luce del suo ruolo nella transizione energetica. Inoltre, ritengono che l'assegnazione di permessi a titolo gratuito abbia generato ricavi inaspettati per le industrie ad alta intensità energetica. Agendo come sussidio, non ha incentivato nella giusta direzione gli operatori ad investire in una produzione più pulita e climaticamente neutra.

1.4.2 OBIETTIVI RAGGIUNTI AGENDA 2020

Un importante accordo “20/20/20 pacchetto clima-energia” siglato nel Dicembre del 2008, parte del programma ‘Energy Roadmap 2050’, ricopre tre aree principali sintetizzabili:

- Riduzione del 20% delle emissioni di gas serra (dai livelli del 1990)
- 20% del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili per l'Unione Europea. I target per ogni paese membro sono visionabili nella
- Miglioramento del 20% dell'efficienza energetica

Il report “Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020” dell'AEA (European Environment Agency) del 2022- sottolinea come i target prefissati a livello di Unione siano stati tutti raggiunti. Fattori chiave che hanno portato alla riduzione delle emissioni nei decenni oltre all'uso crescente di energie rinnovabili e miglioramento dell'efficienza energetica, includono cambiamenti strutturali nell'economia e la minore domanda di riscaldamento dovuta ad inverni più caldi. In particolare, i progressi compiuti nel 2020 sono stati radicati in circostanze eccezionali: la pandemia globale di Covid-19 ha sconvolto molti aspetti chiave della società e dell'economia europea, forzando l'adattamento ad una crisi sanitaria di entità straordinaria. Nella [figura 8], si può notare come la recessione economica e la limitazione degli spostamenti, abbiano contribuito ad un forte calo delle emissioni di gas ad effetto serra.

La Germania rimane l'emettitore principale, ma l'aumento dell'efficienza delle centrali elettriche, il passaggio dal carbone al gas, la riunificazione del settore siderurgico e un forte aumento dell'uso delle energie rinnovabili hanno ridotto le emissioni a 728,7 milioni di tonnellate equivalenti di CO₂ (-41,3% dal 1990). Ciò costituisce un superamento sostanziale del target previsto.

Evolution of GHG emission in million tonnes CO ₂ equivalent (exc. LULUCF)				
	1990 (million tonnes)	2020 (million tonnes)	change (%)	
			1990-2020	2019-2020
UE-19	5640,1	3700,2	-34,4%	-8,5%
Austria	78,4	73,6	-6,2%	-7,7%
Belgium	145,7	106,4	-26,9%	-8,6%
Bulgaria	98,4	49,2	-50,0%	-17,3%
Croatia	31,4	23,8	-24,40%	-3,50%
Cyprus	5,6	8,9	59,0%	-0,3%
Czechia	198,8	113,3	-41,30%	-8,30%
Denmark	71,1	41,7	-71,2%	-6,2%
Estonia	40,2	11,6	-71,2%	-32,0%
Finland	71,2	47,8	-32,9%	-9,5%
France	544,1	393	-27,8%	-9,6%
Germany	1241,9	728,7	-41,3%	-8,9%
Greece	103,5	74,8	-27,7%	-12,6%
Hungary	94,8	62,8	-33,8%	-2,7%
Ireland	54,4	57,7	6,1%	-3,6%
Italy	519,9	381,2	-26,7%	-8,9%
Latvia	25,9	10,5	-59,6%	-5,9%
Lithuania	47,9	20,2	-57,8%	-0,9%
Luxembourg	12,7	9,1	-28,8%	-15,5%
Malta	2,6	2,1	-18,4%	-0,5%
Netherlands	220,5	164,3	-25,5%	-8,8%
Poland	475,9	376	-21,0%	-3,7%
Portugal	58,5	57,6	-1,5%	-9,5%
Romania	249,7	109,9	-56,0%	-3,5%
Slovakia	73,5	37	-49,6%	-7,0%
Slovenia	18,6	15,9	-14,8%	-7,2%
Spain	290,1	274,7	-5,3%	-12,5%
Sweden	71,4	46,3	-35,2%	-8,9%
United Kingdom	793,4	402,1	-49,3%	-9,5%

Source: EEA/PUBL/2022/023

Fig. 8 – Emissioni di gas serra in milioni di tonnellate di CO₂ equivalente per paese membro più Gran Bretagna. Il target a livello di unione è stato ampiamente superato, raggiunto un calo del 34,4% rispetto i livelli del 1990. Fattori comuni alla riduzione delle emissioni di GHG nella maggior parte dei paesi dell'UE sono stati l'uso di combustibili a minore intensità di carbonio con il passaggio dal carbone al gas e un forte aumento dell'uso di fonti di energia rinnovabile, oltre a significativi miglioramenti nell'efficienza energetica, sia nella trasformazione che negli usi finali. Fonte dati: EEA/PUBL/2022/023

1.4.3 VERSO IL 2030

Nel dicembre 2019 la Commissione ha pubblicato il Green Deal europeo, che traccia un percorso verso la neutralità climatica entro il 2050 e chiede maggiori sforzi di decarbonizzazione entro il 2030:

- Almeno il 55% di riduzione delle emissioni di gas serra (dai livelli del 1990)
- Almeno il 32% di quota per le energie rinnovabili
- Almeno il 32,5% di miglioramento dell'efficienza
- l'installazione di almeno 40 GW di elettrolizzatori per l'idrogeno

Secondo la politica dell'UE, entro il 2050 tutti gli Stati membri dovranno avere economie a impatto climatico zero. La trasformazione energetica dovrà basarsi in gran parte sulla diversificazione delle fonti energetiche utilizzate, con una predominanza di fonti di energia rinnovabili (FER). Nel luglio 2020 la Commissione ha adottato anche una strategia per l'idrogeno con l'obiettivo di rafforzare il suo ruolo come vettore energetico pulito.

1.4.3.1 TASSONOMIA EU

Nel luglio 2018, in conformità con il Green New Deal, la Commissione europea ha istituito un gruppo di esperti tecnici sulla finanza sostenibile (TEG), incaricato di sviluppare un sistema di classificazione trasparente e screening tecnico per fare chiarezza su quali attività economiche possano essere considerate ecosostenibile, in modo da incanalare i flussi di capitali (pubblici e privati) verso investimenti maggiormente sensibili agli impatti ambientali. La Tassonomia dell'UE entrata in vigore in parte il 12 luglio 2020, impone alle aziende quotate o con più di 500 dipendenti (non alle PMI che possono scegliere di aderirvi su base volontaria), obblighi informativi e di indicare la quota delle attività che possono svolgere un ruolo importante nella transizione verso un'economia climaticamente neutra. L'obiettivo primario della Commissione è dare una definizione chiara di attività rispettosa dell'ambiente per prevenire il greenwashing e aiutare gli investitori ad indentificare le attività economiche "verdi" che rafforzano gli obiettivi climatici dell'EU. La legislazione mira a beneficiare le aziende che si distinguono positivamente, con maggiori investimenti.

Attualmente il regime si è concentrato sui settori con un'impronta ecologica maggiore: agricoltura, edilizia, industria, trasporti, energia e finanza. Le imprese non finanziarie sono tenute a tradurre le performance ambientali in 3 indicatori KPI principali (fatturato, spese in conto capitale e spese operative) che forniscono una panoramica più completa degli investimenti effettuati e migliorano la comparabilità e la standardizzazione delle informazioni fornite da diversi settori. Difatti, gli investitori istituzionali e i gestori patrimoniali, avendo l'obbligo di rivelare in che modo il loro fondo si allinea al meccanismo, saranno tenuti a chiedere alle aziende quanto le loro attività siano eco-friendly ai criteri stabiliti.

Mentre per le attività finanziarie come banche e istituti assicurativi, richiede loro di pubblicare il Green Asset Ratio (GAR), basato sul rapporto tra lo stock di prestiti erogati in linea con la tassonomia e il totale dei crediti. Viene chiesto loro di raccogliere dati e informazioni sulla sostenibilità sulle loro partecipate e controparti, incentivando a sostenere un modello di business più "green". Ma tali obblighi decorrono da gennaio 2024, per dare tempo ai soggetti coinvolti di prepararsi adeguatamente al rispetto delle procedure.

1.4.3.2 ATTIVITÀ INCLUSE NELLA TASSONOMIA

Come regola generale che guida i criteri di prestazione, un'attività economica è qualificata come sostenibile dal punto di vista ambientale quando contribuisce in modo sostanziale ad almeno uno dei di questi sei obiettivi: (1) mitigazione dei cambiamenti climatici, (2) adattamento ai cambiamenti climatici, (3) uso sostenibile e protezione delle risorse idriche e marine, (4) transizione verso un'economia circolare, (5) prevenzione e controllo dell'inquinamento e (6) protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi seguendo il principio “ Do No Significant Damage ”. Tali criteri sono stati elaborati sulla base delle raccomandazioni del gruppo di esperti tecnici e tenendo conto dei contributi della consultazione pubblica.

Sono state inoltre incluse le attività per quali non esistono alternative a basse emissioni di carbonio tecnologicamente ed economicamente fattibili, ma che supportano l'agenda 2050 e vengono classificate come attività di transizione e attività abilitanti. Ad esempio, gli investimenti in progetti del gas naturale sono ammessi a beneficiare di finanziamenti a titolo di strumenti UE come il Fondo europeo di sviluppo regionale, Fondo per la modernizzazione del sistema di scambio delle quote di emissione e InvestEU, a seconda delle valutazioni caso per caso. Gli impianti legati al gas fossile dovrebbero passare completamente ai gas rinnovabili entro il 31 dicembre 2035. L'energia nucleare e il gas naturale in via transitoria sono stati etichettati come energia “green”, ma l'inclusione nella tassonomia sta incontrando molte opposizioni.

Sebbene per il momento sia ancora prematuro quantificare l'impatto sulle imprese e sugli investitori generato dalla tassonomia dell'UE, è ragionevole attendersi profondi cambiamenti nelle attività economiche e nei flussi finanziari. Poiché i mercati finanziari sono globali, ci si aspetta che il meccanismo abbia implicazioni su larga-scala.

1.4.3.3 EUROPEAN ENERGY UNION

Il mercato dell'energia è altamente frammentato, con aziende storiche che detengono posizioni di monopolio de facto, con regolamenti e regimi nazionali non ancora armonizzati. Ad esempio, una maggiore interconnessione fisica delle reti elettriche e di sistemi di negoziazione più efficienti potrebbero portare a livelli concorrenziali più elevati che si tradurrebbero in prezzi dell'elettricità inferiori per i consumatori finali. Nella [figura 9] Cipro segnala un monopolio assoluto con un'unica società responsabile di tutta la produzione e fornitura di elettricità. Una posizione dominante la si può osservare anche in Francia e Ungheria. Per contro, le quote inferiori al 20% di mercato del più grande impianto generatore di elettricità sono state osservate in Lituania e Italia.

Promuovere un mercato dinamico e competitivo porterà più incentivi al rafforzamento di un mercato paneuropeo. Lo sviluppo di una politica energetica comune porterebbe ad una migliore sicurezza energetica.

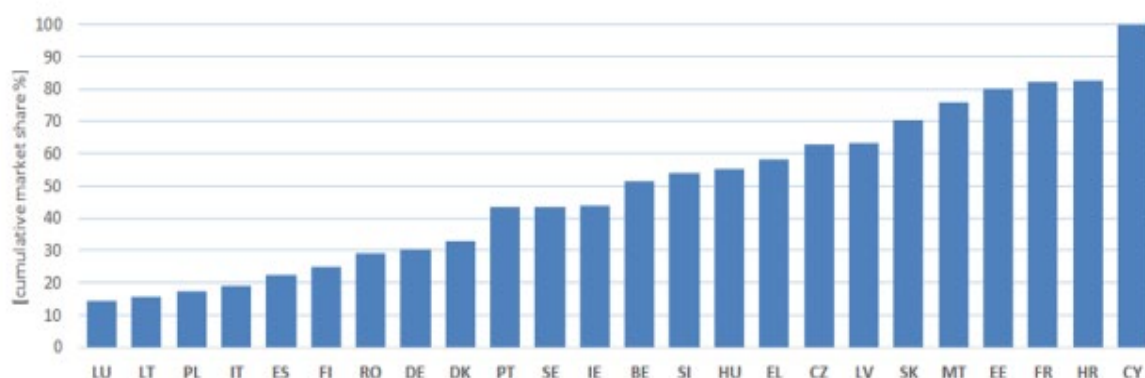


Fig. 9 - mostra la quota di mercato della singola società di generazione principale di elettricità nel 2020 in percentuale della produzione nazionale. Fonte grafico: articolo sito ufficiale Commissione Europea

Primi progressi sono stati svolti con l'accoppiamento volontario dei mercati nazionali per alcuni stati membri. Si è riuscito ad aggregare le offerte di acquisto e di vendita di energia elettrica e gas naturale e garantire che fluissero nelle regioni dove fosse più necessaria. L'introduzione graduale dell'accoppiamento dei mercati è diventata giuridicamente vincolante nel 2015, ma la segmentazione del mercato interno rimane ancora sostanziale. Ciò nonostante, si è registrata una migliore convergenza dei prezzi dell'energia elettrica rispetto a quelli del gas naturale il cui quadro normativo per la cooperazione regionale è meno integrato.

L'armonizzazione di norme differenti rende una fusione di mercato un'attività complessa. Con il regolamento negoziato nell'ambito del pacchetto "Energia pulita per tutti gli Europei", il nuovo obiettivo è di rendere disponibile almeno il 70% di capacità di interconnessione per gli scambi transfrontalieri entro il 2025. Un buon collegamento dei mercati migliora anche la sicurezza dell'approvvigionamento. Nella [figura 10] sotto, si può osservare che nel periodo 2020, il mix energetico per la media EU-27, era costituito principalmente da 5 fonti: prodotti petroliferi (34,5%), gas naturale (23,7%), energia rinnovabile (17,4%), energia nucleare (12,7%) e combustibili fossili solidi (10,2%).

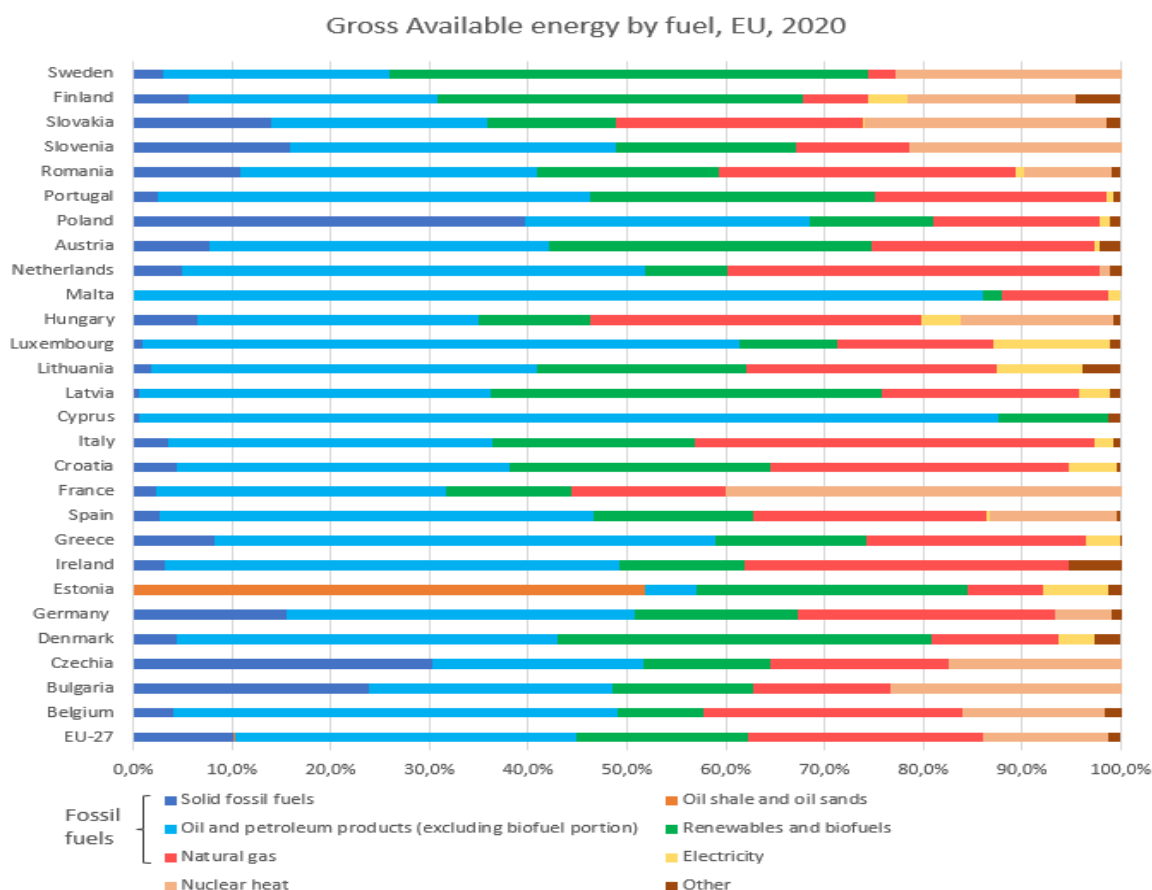


Fig. 10 - Energia lorda disponibile in percentuale per combustibile, 2020. Elaborazione su dati Eurostat

Il bilancio delle quote di energia per combustibile per paese dipende in larga misura dalle risorse naturali disponibili, dalla struttura dell'economia e dalle scelte nazionali nei sistemi energetici. In Estonia lo scisto bituminoso e le sabbie bituminose hanno rappresentato il 51.9 % dell'energia lorda disponibile, mentre i prodotti petroliferi hanno costituito oltre 80.0% del bilancio energetico di Malta e Cipro. È osservabile, inoltre, che solo in 4 paesi la quota cumulata di combustibili fossili non supera il 50.0%; sono Estonia 12,9%, Svezia 28,6%, Finlandia 37.3% e Francia 47.2%. Le quote maggiori di energia rinnovabile sul totale sono invece state registrate in Svezia 48.6% e Lituania 39.6% e Danimarca 37.8%.

La probabilità di raggiungere l'obiettivo del 2050 dipende da progressi ambiziosi nel breve termine, con il periodo fino al 2030 cruciale per un'azione accelerata in tutti i settori di utilizzo dell'energia. Il 2030 è anche un anno critico per il raggiungimento degli Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite, in particolare l'SDG7, che mira a “*garantire a tutti un'energia accessibile, affidabile, sostenibile e moderna*”. Nella primavera del 2021 è stato raggiunto l'accordo sulla legge europea sul clima. Con questa l'approvazione, l'obiettivo di neutralità del carbonio per il 2050 e l'obiettivo di riduzione delle emissioni del 55% per il 2030 sono diventati giuridicamente vincolanti.

CAPITOLO 2: INTRODUZIONE AI DATI PANEL

Nel capitolo precedente abbiamo trattato le implicazioni empiriche e gli scenari futuri dell'intensità dei possibili feedback negativi del cambiamento climatico, legata all'aumento di concentrazione dei gas a effetto serra nell'atmosfera, e gli ambiziosi piani e obiettivi dell'Unione Europea per de-carbonizzare la propria economia entro il 2050. In questo secondo capitolo abbiamo introdotto la nostra regressione e il tipo di modello utilizzato. Successivamente abbiamo approfondito le variabili determinanti nell'emissione e mitigazione dei GHG, al fine di capire la loro effettiva intensità di relazione nel raggiungimento dei traguardi dei target 2020 del pacchetto 20/20/20 per quanto riguarda la zona Euro. I dati provengono interamente dai database pubblici di Eurostat, responsabile della pubblicazione di statistiche e indicatori a livello europeo.

2.1 INTRODUZIONE ALLA REGRESSIONE

Questo studio è stato condotto per determinare in che misura e grado, i driver antropici selezionati possano influenzare le emissioni di gas ad effetto serra per paese membro e complessivamente per Eu-19. Il modello generico considerato è quindi:

$$GHG_emiss_it = f (drivers_antropogenici_it)$$

dove: $f()$ è una generica funzione, i = Paese, t =anno.

Abbiamo quindi definito un panel di dati osservati per (i) entità, su due dimensioni, sezionale e temporale, per il periodo (t) 2008-2020 inclusi. Gli stati considerati nel campione condividono la stessa moneta e sono rispettivamente: Belgio (BE), Germania (DE), Irlanda (IE), Spagna (ES), Francia (FR), Italia (IT), Lussemburgo (LU), Paesi Bassi (NL), Austria (AT), Portogallo (PT), Finlandia (FI), Grecia (EL), Slovenia (SL), Cipro (CY), Malta, (MT) Slovacchia (SK), Estonia (EE), Lettonia (LV) e Lituania (LT).

L'ipotesi è che la variabilità di questi gas nell'atmosfera, che consideriamo variabile dipendente, possa essere condizionata principalmente da sei fattori: reddito mediano famiglie (INnet_hh), intensità energetica (IEn_intensity), quota energia da combustibili fossili (IFossil_q), valore aggiunto da settore manifatturiero (IManufac_q), quota energia da rinnovabili (IRenewable_q) e consumo di energia primaria (IFeng_1). La tabella di seguito illustra una breve descrizione delle variabili utilizzate.

Tabella1: descrizione variabili

Nome Variabile	Descrizione	Periodo Considerato	Unità	Fonte
<i>GHG_emiss_it</i>	Emissioni di GHG delle attività economiche residenti nell'area Euro	2008-2020	Milioni di tonnellate di (CO ₂ eq)	Eurostat
<i>Net_HHI</i>	Reddito disponibile equivalente mediano per famiglia. Viene utilizzato come indicatore del tenore di vita.	2008-2020	Euro	Eurostat
<i>FENG_consp</i>	Consumo di Energia primaria senza usi non energetici	2008-2020	Milioni di tonnellate di CO ₂ eq	Eurostat
<i>EN_INT</i>	Si ottiene come rapporto tra il consumo interno lordo di energia espresso in chilogrammi di petrolio equivalente (KGOE) e il prodotto interno lordo a parità di potere d'acquisto (PPS)	2008-2020	(KGOE)/ (PPS)	Eurostat
<i>FOSSIL_q</i>	Consumo energetico interno lordo $\pm \Delta$ input/output di trasformazione – settore energetico – perdite di distribuzione	2008-2020	Percentuale	Eurostat
<i>MANUFAC_q</i>	Stima della produzione netta di tutte le attività produttive in percentuale del prodotto interno lordo cumulativo per paese membro	2008-2020	Percentuale del prodotto interno lordo (PIL)	Eurostat
<i>RENEW_q</i>	Consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili (% sul consumo finale lordo totale di energia)	2008-2020	Percentuale	Eurostat

Tabella 1. Fonte: estrapolazione dati da Stata

Le variabili sono state registrate per ogni paese membro $i = 1, \dots, n$ e per ogni istante temporale $t = 1, \dots, T$. pertanto, il nostro dataset è “fortemente bilanciato”, ovvero che contiene tutte le osservazioni di ogni stato per ogni differente periodo temporale.

2.1.1 LA VALUTAZIONE DEL FIT DEL MODELLO

Per assecondare le ipotesi empiriche, in particolare la relazione positiva tra quota di consumo di energia da fonti non rinnovabili e l'emissione di ghg, abbiamo optato per una regressione log-log. Confrontando i modelli log-lineare e log-log, quest'ultima ha un indice di determinazione ($\bar{R}^2=0.9543$) più elevato ed errori standard dei regressori minori. La capacità del modello di migliorare la previsione della variabile Y, ci ha portato a compiere questa scelta.

Le trasformazioni logaritmiche ci permettono di cogliere una relazione non lineare e di interpretare i coefficienti in termini di variazione percentuale. Per cui una variazione dell'1% in X è associato ad una variazione del $\beta_1\%$ in Y. Inoltre, i coefficienti di regressione sono molto sensibili a piccoli cambiamenti nei dati. Utilizzando un modello log-log gli errori standard si riducono; il che porta ad una maggiore attendibilità dei predittori.

Il nostro modello include anche variabili dummy che catturano le condizioni specifiche del paese e l'intensità delle relazioni considerate. In aggiunta, per raggruppare le unità in riferimento al contributo delle loro economie al PIL complessivo del campione, abbiamo raggruppato gli Stati in 3 fasce percentuali. La composizione di questi aggregati, riportati di seguito, intende riflettere sulle condizioni economiche di base dei paesi membri dell'Eu-19. A questo punto si è proceduto alla definizione delle seguenti variabili:

$$\text{Dum1} = \begin{cases} 1, & BE, DE, ES, FR, IT, NL \\ 0, & \text{Resto paesi EU} \end{cases} \quad \text{Dum2} = \begin{cases} 1, & IE, EL, AT, PT, SL, SK \\ 0, & \text{Resto paesi EU} \end{cases} \quad \text{Dum3} = \begin{cases} 1, & Eu19, CY, LV, LT, LU, MT, SL \\ 0, & \text{Resto paesi EU} \end{cases}$$

Con:

- dum1 a indicare le grandi economie europee con $xPIL/TotPIL > 4\%$
- dum2 a identificare gli stati a medio reddito $1\% < (xPIL/ TotPil) < 4\%$
- dum3 a individuare le piccole economie $1\% < (xPIL/ TotPil)$

La seguente notazione può essere impiegata per rappresentare una regressione con dati panel:

$$y_{it} = x_{it}' \beta + u_{it} \quad [1]$$

Dove y_{it} è la nostra variabile da stimare e u_{it} rappresenta il termine di errore costituito da fattori omessi, diversi dalle variabili indipendenti, che influenzano la variabile Y. Mentre $\beta x_{it}'$ è la matrice dei regressori data da un vettore riga con n regressori presenti nel modello. Considerando le determinanti esplicitate nelle emissioni cumulate di gas ad effetto serra delle attività economiche residenti negli stati *i-esimi* agli istanti di tempo *t-esimi*, abbiamo stimato il seguente modello di regressione generale:

$$\ln ghg = \beta_0 + \beta_1 \ln net_hh + \beta_2 \ln eng_1 + \beta_3 \ln e_intensity + \beta_4 \ln fossil_q + \beta_5 \ln manufac_q + \beta_6 \ln renewable_q + u_{it} \quad [2]$$

Riepilogo delle statistiche per le variabili

Variable	Mean	Std. dev.	Min	Max	Observations	
GHG_ai~s overall	164.7836	233.2915	2.218351	1045.581	N =	260
between		237.8902	2.940997	956.7489	n =	20
within		21.33505	3.031747	271.2611	T =	13
Net_in~H overall	16038.45	7490.594	3857	37844	N =	260
between		7490.785	5431.462	33930.31	n =	20
within		1611.496	12430.22	21294.37	T =	13
En_int~y overall	139.7962	41.16277	44.61	281.83	N =	260
between		37.60129	76.40385	216.8631	n =	20
within		18.6017	70.16158	208.9716	T =	13
fossil_q overall	63.74575	11.32758	30.97748	81.76956	N =	260
between		11.38369	34.64999	80.03042	n =	20
within		2.174805	52.55504	72.6856	T =	13
feng_c~p overall	41.34809	56.41156	.45	223.02	N =	260
between		57.6861	.5546154	214.71	n =	20
within		2.959083	22.73886	56.58347	T =	13
manufa~q overall	13.5	5.353071	3.9	34.9	N =	260
between		5.177729	4.838462	26.00769	n =	20
within		1.757442	5.092308	22.39231	T =	13
Renewa~q overall	17.60224	10.40658	.195	43.802	N =	260
between		10.21193	4.616538	37.15615	n =	20
within		2.974067	9.604931	25.49247	T =	13

Tabella 2 - Fonte: estrapolazione dati da Stata

Dai dati risulta che le attività economiche produttive residenti nell'Eurozona hanno in media emesso 164,8 milioni di tonnellate di CO₂eq nel periodo 2008-2020 con una deviazione standard tra gruppi piuttosto elevata. In quanto gli stati considerati hanno morfologie territoriali, demografia e tessuto industriale differente. Il reddito familiare mediano è cresciuto notevolmente per paesi come Estonia, Lituania e Lettonia. L'incremento dalla prima osservazione temporale è stato rispettivamente di 120p.p 86.p.p e 109p.p. , ma non abbastanza da raggiungere la media europea per il 2020 che si attesta su 20.730 euro. Complessivamente sono state limitate le deviazioni between e within osservate per la quota di energia rinnovabile e la quota di combustibili fossili sul consumo finale lordo di energia.

Un altro valore da sottolineare è la diminuzione nel tempo dell'intensità di energia per unità paese; a testimoniare del lento disaccoppiamento relativo tra PIL ed emissioni di ghg. Il valore aggiunto lordo da settore manifatturiero medio si attesta a 13.5p.p del prodotto interno lordo cumulativo.

2.2 VARIABILE DIPENDENTE

La variabile dipendente sono le emissioni di GHG delle attività economiche delle unità residenti nella zona euro, raggruppate per stato membro secondo la metodologia NACE. Si tratta di una classificazione comune che garantisce la comparabilità delle statistiche raccolte tra paesi e settori.

Le emissioni sono misurate in equivalente di anidride carbonica (CO₂eq). Si tratta di una metrica utilizzata per confrontare le emissioni dei vari gas serra sulla base del loro potenziale di riscaldamento globale (GWP). Sono valori che permettono il confronto diretto tra la quantità di energia assorbita da una tonnellata di gas rispetto a quella assorbita da una tonnellata di anidride carbonica. Ad esempio, AR6 ha stimato che il metano abbia un GWP di 27,9 mentre il protossido di azoto 273. Ciò significa che le emissioni rispettivamente di 1 milione di tonnellate di metano e di protossido di azoto equivalgono a emissioni di 27,9 e 273 milioni di tonnellate di anidride carbonica. La formula seguente illustra il calcolo effettuato:

$$MMTCDE = (Millioni\ di\ tonnellate\ di\ gas) * (GWP\ del\ gas)$$

2.2.1 PER TIPOLOGIA DI GAS

Le distribuzioni percentuali dei maggiori contributori all'innalzamento delle temperature rimangono invariate nell'intervallo 2008-2020. Tuttavia, il calo maggiore di emissioni è stato osservato nel diossido di carbonio, rispettivamente di 31,7 p.p. I principali gas ad effetto serra possono essere classificati in ordine decrescente per quantità emessa [figura 10 e 11], in:

- Anidride carbonica (CO₂): L'anidride carbonica è il gas che maggiormente contribuisce al riscaldamento del pianeta. Come si può osservare dal [grafico 10], è anche il prevalente inquinante emesso (77,35%) dalle attività economiche per settore nell'area Euro. Le fonti antropiche principali includono la combustione di combustibili fossili (carbone, gas naturale e petrolio), rifiuti solidi, deforestazioni e gestione suolo. Con quote significative che derivano da attività manifatturiere (26,8%) e fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria (26,8%). Dal 2020 al 2008 le emissioni sono diminuite del 31,7%, attestandosi a 1,581 miliardi di tonnellate.
- Metano (CH₄): il metano è il secondo più importante contributore dopo l'anidride carbonica. Viene emesso durante la produzione e il trasporto di carbone, gas naturale e petrolio, il processo di digestione degli animali e la concimazione tramite composti organici. Circa il 75% delle emissioni di metano antropico nel 2020 proviene

dall'attività agricola, selvicoltura e pesca. Le emissioni nell'intervallo temporale di 12 anni sono diminuite del 12,0%.

- Protossido di azoto (N₂O): Il protossido di azoto viene prodotto essenzialmente dall'uso di fertilizzanti azotati, da alcuni processi industriali e di combustione, così come durante il trattamento delle acque reflue. Le attività riguardanti l'uso del suolo sono responsabili del 85,8% delle emissioni totali di N₂O nella zona Euro. Il bilancio del 2020 ha registrato un calo di 27,1 milioni di tonnellate di carbonio, equivalenti ad una variazione del 1,1%.
- Gas fluorurati (idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (S₆)). Sono gas serra sintetici emessi da una varietà di applicazioni e processi domestici e industriali come refrigeranti, agenti espandenti e aerosol farmaceutici. Più di due terzi delle emissioni sono il risultato combinato dell'attività manifatturiera e delle, rispettivamente con 259,7 e 155,72 milioni di tonnellate di CO₂eq emessi. La loro concentrazione nell'atmosfera è tipicamente bassa, ma sono potenti gas serra con GWP che va da migliaia a decine di migliaia di anni, con un effetto di riscaldamento globale fino a 25 000 volte maggiore del biossido di carbonio.

L'Unione Europea ambisce a ridurre la quantità di HFC immessa del 98% entro il 2050 (rispetto al 2015), in accordo con gli obiettivi del Green Deal europeo.

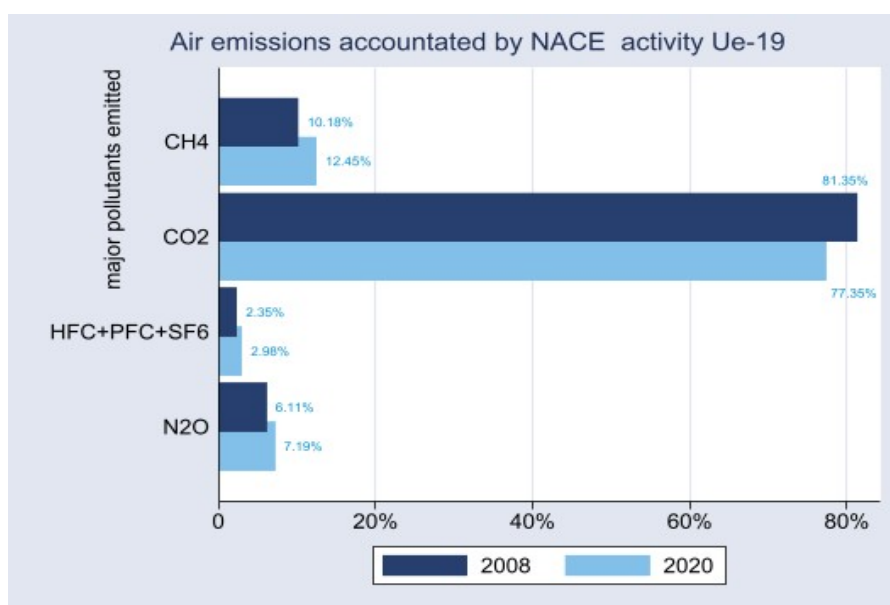


Fig. -10 I conti delle emissioni in atmosfera registrano le emissioni derivanti dalle attività di tutte le unità residenti (=attività economiche), indipendentemente da dove queste emissioni si verificano effettivamente geograficamente. Sono inclusi solo i conti gassosi emessi da fonti antropiche e non da attività naturali come vulcani o incendi boschivi. Sono inoltre escluse le emissioni derivanti da emissioni indirette. Elaborazione su dati Eurostat.

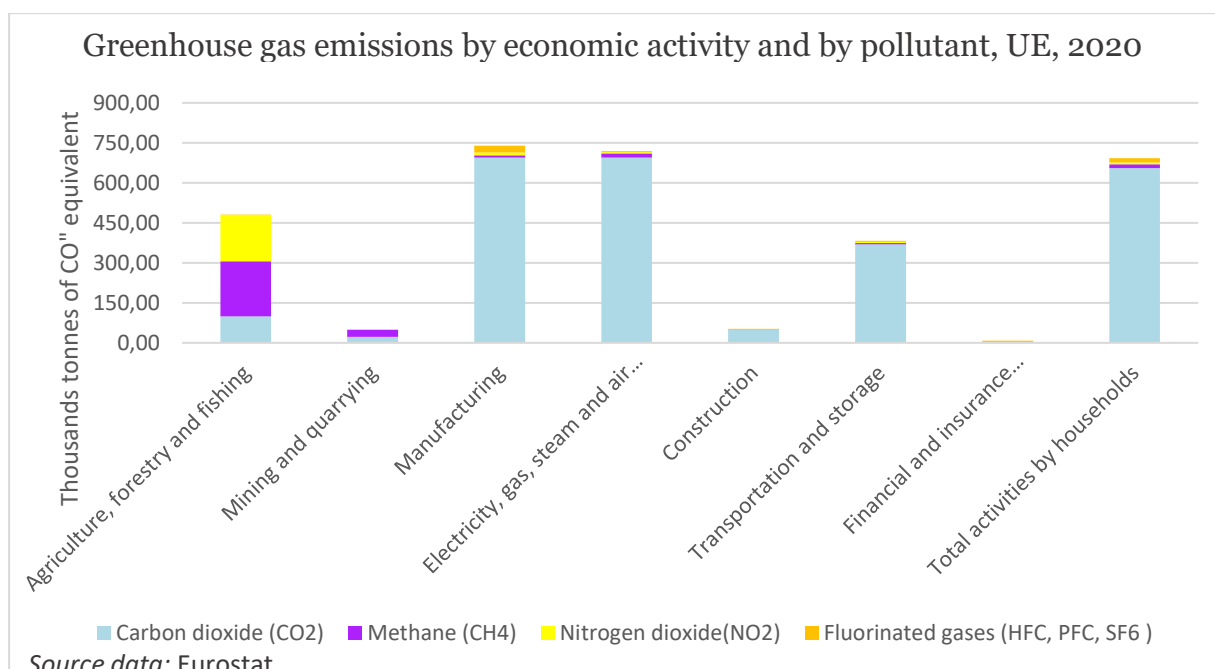


Fig. -11 Emissioni di gas serra per attività economica e per inquinante. Nella maggior parte delle attività, l'anidride carbonica era il gas serra più emesso. L'agricoltura, la silvicoltura, la pesca e l'estrazione mineraria sono state le uniche attività in cui le emissioni di metano e protossido di azoto (esprese in CO₂ equivalenti) erano maggiori di quelle di anidride carbonica. Elaborazione su dati Eurostat.

2.2.2 PER ATTIVITÀ

Nel 2020, le emissioni di gas ad effetto serra sono diminuite del 10,8% rispetto l'anno precedente con un consistente impatto dei feedback dovuti dall'emergenza sanitaria. In contesti di riduzione della produzione, calo della domanda di output e restrizioni alla mobilità, il settore dei servizi e trasporti ne ha risentito maggiormente [tabella 12]. La quota immessa di ghg in atmosfera è diminuita del 24,2% rispetto al 2019, invertendo il trend di crescita in media osservato dal 2008. Impatti minori (-80,6 milioni di CO₂eq), sono stati osservati nella fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata per la chiusura parziale o totale di edifici pubblici e attività commerciali e per i consumi energetici dovuti ai blocchi delle attività produttive.

La quota maggiore di emissioni registrate nel 2020 per i settori economici, va attribuita all'industria manifatturiera con una percentuale pari a 25,1%, seguita da famiglie e fornitura di elettricità che rappresentano rispettivamente il 24,5%, 20,4% delle emissioni totali; il settore agricolo contribuisce con 15,1%. Sia in termini assoluti che relativi, la più grande diminuzione è stata osservata nell'attività mineraria (53.p.p.). Le distribuzioni percentuali dei vari settori, in termini di emissioni, rimangono pressoché invariate nell'intervallo 08-20. Le emissioni in

tutti i settori hanno mostrato una decrescita dal 2008, anche se per l'attività agricola e selvicoltura e settore costruzioni, l'andamento è rimasto pressoché stabile fino al 2018. Le variazioni registrate ammontano 5,64 milioni di CO₂eq e 0,32 di CO₂eq, corrispondenti a -1,6 p.p e -0.8 p.p di emissioni rispetto il 2008.

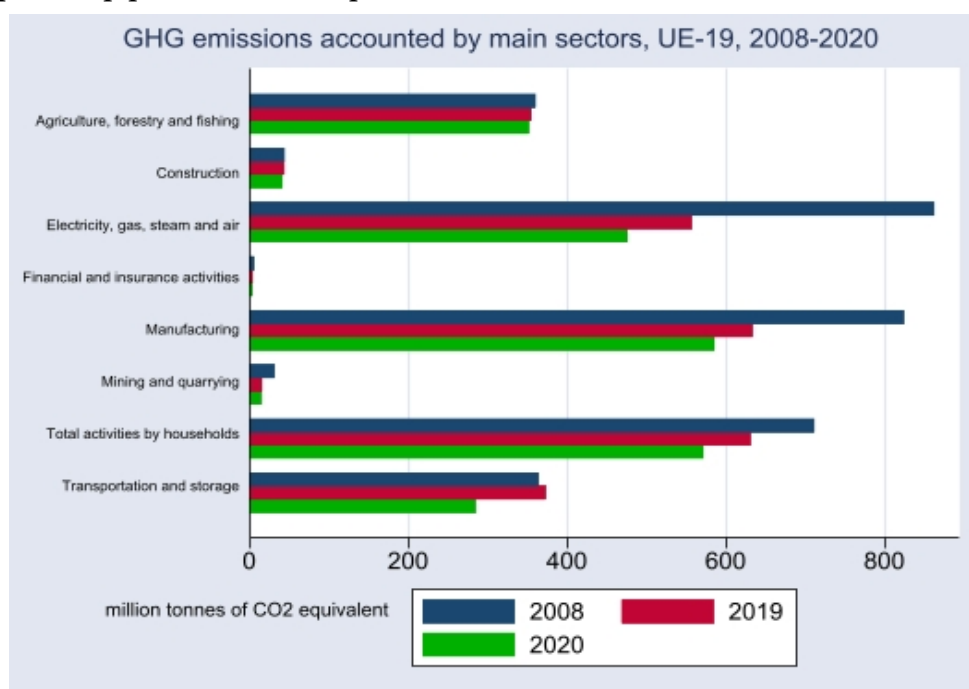


Fig. 11 - Emissioni di GHG per attività economica, zona euro, con paragone periodi 2008 e 2020. Elaborazione su dati Eurostat.

Evolution of GHG emission by NACE activities

ACTIVITY (million tonnes)	2008	2019	2020	base year 08 (%)		Change in (%)		
				$\frac{X_{19}}{X_{08}}$	$\frac{X_{20}}{X_{08}}$	Δ 08-19	Δ 08-20	Δ 19-20
Total	3207,03	2616,35	2333,37	81,6%	72,8%	-18,4%	-27,2%	-8,8%
Agriculture, forestry and fishing	360,92	355,28	351,90	98,4%	97,5%	-1,6%	-2,5%	-0,9%
Mining and quarrying	31,89	16,27	14,93	51,0%	46,8%	-49,0%	-53,2%	-4,2%
Manufacturing	824,37	633,97	586,23	76,9%	71,1%	-23,1%	-28,9%	-5,8%
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	863,01	557,39	476,73	64,6%	55,2%	-35,4%	-44,8%	-9,3%
Construction	44,65	44,31	41,89	99,2%	93,8%	-0,8%	-6,2%	-5,4%
Transportation and storage	364,54	373,26	285,03	102,4%	78,2%	2,4%	-21,8%	-24,2%
Financial and insurance activities	5,73	4,68	4,41	81,6%	76,9%	-18,4%	-23,1%	-4,7%
Total activities by households	711,92	631,21	572,26	88,7%	80,4%	-11,3%	-19,6%	-8,3%

Source: Eurostat

Fig. -12 trend emissioni di gas ad effetto serra per attività nell'Eurozona. Elaborazione su dati Eurostat.

2.2.3 ANALISI PER STATI MEMBRI

Le emissioni di gas serra nell'Eurozone sono diminuite del 30,4% tra il 1990 e il 2020, superando l'obiettivo dell'UE per il 2020 di 10,4 punti percentuali, con una riduzione marcata negli ultimi 2 anni. Se nel 2020 si è verificato un calo delle emissioni senza precedenti, correlate con le risposte intraprese per affrontare gli effetti dell'emergenza sanitaria, la notevole diminuzione osservata nel 2019 è stata fortemente guidata da misure politiche e piani di lungo periodo. Rispetto l'intervallo precedente, si può notare, nella [figura 14], come le emissioni di ghg, dalle attività NACE, nel periodo 2019-2020 siano diminuite per tutti i paesi membri considerati con una media globale del 10,4%. Le variazioni maggiori sono state registrate a Malta (-20,4%) Estonia (-15,6%) e Irlanda (-18,4%).

Fino al 2017 l'evoluzione delle emissioni di gas serra all'interno dell'UE-19 ha avuto un andamento fluttuante: il 2009 ha visto un forte calo delle emissioni in conseguenza della crisi finanziaria e recessione economica. Le emissioni sono aumentate successivamente nel 2010 e dal 2016 è tornata la tendenza decrescente. Tra gli stati membri, le differenze di quota tra settori sono dovute fondamentalmente dalle diverse strutture economiche e ai diversi mix di fonti energetiche rinnovabili e non rinnovabili. Nel 2020, in 7 stati membri le attività con l'impatto più significativo sono stati la fornitura di elettricità, gas e aria condizionata, mentre in altri 5 paesi (BE, ES, NL, AT, SK) la produzione manifatturiera è stata la principale fonte di emissioni. In Lituania, Lussemburgo e Lettonia le attività di trasporto e stoccaggio hanno coperto la quota più ampia, rispettivamente il 25,0% 46,4% e 21,4% delle emissioni totali. Le famiglie sono state la principale fonte di emissioni in Italia, Francia e Irlanda. Emettono alte concentrazioni in vari modi come riscaldamento/raffreddamento degli ambienti e i trasporti utilizzati per spostarsi.

Greenhouse gas emissions by economic activity, 2020

country	Agriculture, forestry and fishing	Mining and quarrying	Manufacturing	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	other services, water supply; and construction	Transportation and storage	Total production activities	Total activities by households (HH)	Total production activities+ HH
Eu-19	351,90	14,93	586,23	476,73	480,67	285,03	2044,51	572,26	2616,77
BE	12,43	0,49	35,22	14,16	20,03	10,65	87,81	22,50	110,31
DE	66,71	3,16	160,76	219,99	111,00	79,27	610,60	184,40	795,00
EE	1,68	0,10	1,37	4,87	1,57	1,73	10,79	1,27	12,07
IE	21,62	0,15	7,41	7,94	8,04	9,02	51,98	12,68	64,66
EL	8,46	0,52	15,97	21,28	13,71	20,08	74,73	12,71	87,44
ES	49,90	1,69	70,95	30,52	48,45	32,76	217,22	57,36	274,57
FR	85,22	1,30	88,45	22,05	99,52	34,80	300,68	105,27	405,95
IT	39,26	3,18	80,69	78,83	84,95	36,21	294,95	98,36	393,31
CY	0,61	0,04	1,62	3,18	1,91	0,26	6,91	1,76	8,67
LV	2,91	0,06	1,38	1,47	2,25	2,59	9,91	2,16	12,08
LT	4,93	0,02	5,87	1,45	3,14	6,32	20,64	4,61	25,25
LU	0,78	0,01	1,52	0,31	1,41	4,61	8,39	1,55	9,94
MT	0,09	0,00	0,06	0,82	0,77	0,37	1,86	0,36	2,22
NL	28,07	2,20	45,54	32,95	29,74	21,86	151,55	27,87	179,42
AT	7,95	0,74	25,65	6,65	10,45	5,35	53,52	14,28	67,80
PT	8,72	0,30	15,66	9,19	19,43	6,16	51,91	9,77	61,68
SI	2,02	0,30	2,98	4,74	4,67	1,38	14,70	3,25	17,95
SK	2,21	0,28	14,46	4,81	10,01	3,54	31,41	6,16	37,58
FI	8,31	0,42	10,65	11,52	9,62	8,09	44,95	5,93	50,88

(million tonnes of CO₂eq)

Source: Eurostat

Tabella 13 - emissioni di ghg per attività e paese membro Eurozona per il periodo 2020.

Elaborazione su dati Eurostat.

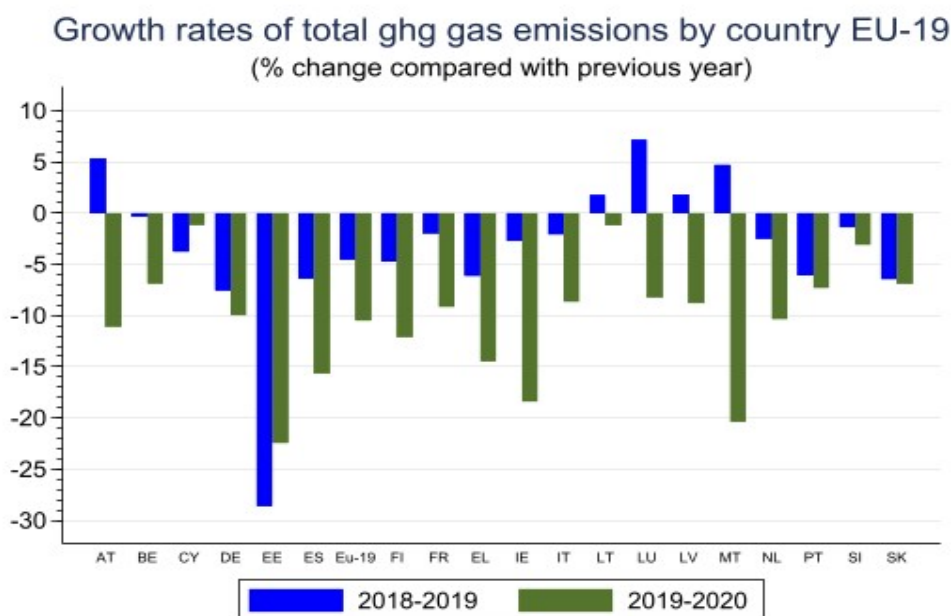


Fig. -14 tassi di variazioni di emissioni di GHG per paese membro Eurozona. Elaborazione su dati Eurostat.

2.3 VARIABILI INDIPENDENTI

2.3.1 QUOTA DI RINNOVABILI

Per energia rinnovabile si intende l'energia che viene prodotta utilizzando le risorse naturali della Terra. La direttiva 2009/28/CE definisce FER: l'energia eolica, solare (sia solare termica che solare fotovoltaica), geotermica, idrotermica, oceanica e i rifiuti urbani rinnovabili. Sono inclusi anche l'energia derivata da biocarburanti solidi (legno, scarti animali e materiale vegetale), biocarburanti liquidi (biodiesel) e biogas derivante da processi termici.

L'uso delle energie rinnovabili ha molti potenziali vantaggi, tra cui la riduzione delle emissioni di gas serra, la diversificazione degli approvvigionamenti energetici e una minore dipendenza dai mercati dei combustibili fossili (in particolare petrolio e gas). Si può notare dal grafico a dispersione [figura 14] una relazione lineare negativa ($\rho = -0,11$) tra ghg e quota percentuale di energia rinnovabile nell'Eurozona.

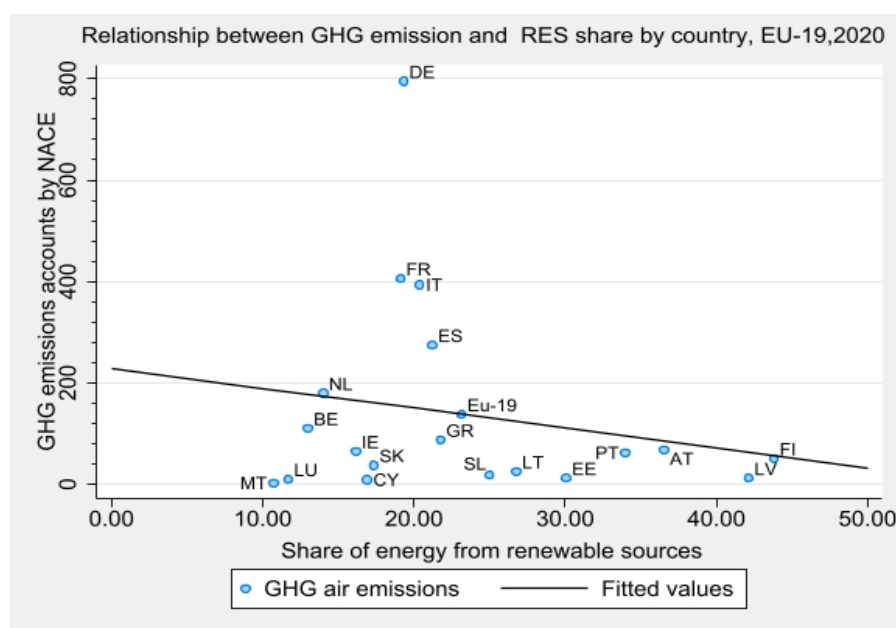


Fig. -15 Elaborazione su dati Eurostat. Unità di misura milione di tonnellate di CO₂eq

L'UE nel suo insieme ha raggiunto l'obiettivo di garantire che il 20% del suo consumo finale lordo di energia provenisse da fonti rinnovabili entro il 2020. Ciò è stato trainato dalla crescita sostenuta della quota di energia calcolato come rapporto tra il consumo finale lordo di tutte le fonti energetiche e il consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili, espressa in percentuale. Inoltre, la pandemia di COVID-19 ha avuto effetto non indifferente sulla diminuzione del consumo di combustibili fossili, ad esempio nei trasporti. Osservando la [figura 14], si può vedere come la quota per Malta, Germania e Olanda è più che raddoppiata. La Francia non ha centrato l'obiettivo fissato dalla direttiva per il 2020, mentre Finlandia

(43,8%) e Lettonia (42,1%) hanno la percentuale di FER più alte. Paesi come Belgio, Olanda e Slovenia hanno ricevuto un trasferimento statistico per assicurarsi il raggiungimento dei target. Si tratta di uno strumento di cooperazione contabile che permette di scambiare sulla carta quote produttive tra stati membri.

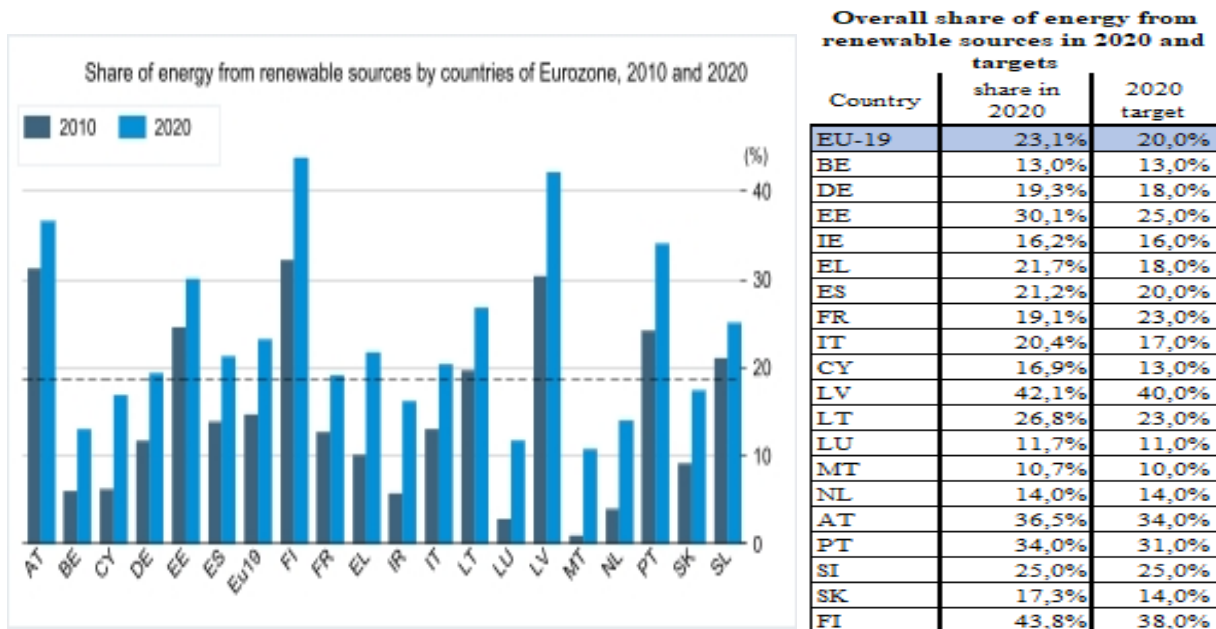


Fig. -16 grafico quota di energia rinnovabile su consumo finale lordo di energia nel periodo 2010-2020 e tabella comparativa tra targets per paese membro Eurozona e livelli raggiunti. Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.1.1 FONTI ENERGIA RINNOVABILE PER REGIONE

Una potenziale gamma di fattori può influenzare la quota di energia rinnovabile di un paese e la sua crescita. Questi includono il potenziale tecnico, i costi previsti per la realizzazione, le condizioni del mercato economico e energetico del paese, profilo geografico, quadri regolatori e normativi appropriati, e la vita utile e la tipologia degli impianti installati. Nella [figura 16], gli stati membri dell'Eurozona sono stati raggruppati in base alle loro caratteristiche climatiche simili in 4 regioni. L'Europa settentrionale è l'agglomerato con la percentuale di FER prevalente (30.2%) sulla fornitura totale di energia. In tutti gli aggregati, rispettivamente (40.8%) il sud Europa (74.6%) l'Europa orientale (73.8%) l'Europa occidentale e (50,9%) l'Europa del nord, la biomassa, che annovera biocarburanti e biogas di origine biologica, è la più grande fonte di energia rinnovabile che contribuisce maggiormente alla transizione energetica. L'energia geotermica raggiunge una quota del 9,3% nel sud Europa con il contributo maggiore dell'Italia, ricca di sorgenti naturali di acqua calda. Mentre parchi eolici e fotovoltaici rappresentano combinatamente una percentuale del 25.9 p.p nell'Europa meridionale, 26.3 p.p nell'Europa occidentale e 10.5 p.p nell'Europa settentrionale.

Le economie di scala e di apprendimento nell'ultimo decennio hanno giocato un ruolo cruciale nel rendere le tecnologie rinnovabili commercialmente competitive in termini di costi. La progressiva maturità tecnica raggiunta e la disponibilità di opzioni convenienti per la produzione di energia hanno incentivato il passaggio a vettori meno inquinanti e l'adozione accelerata di queste tecnologie nel periodo 2010-2020. L'Agenzia internazionale per l'energia (IEA) prevede che la crescita della capacità delle energie rinnovabili sarà del 50% superiore dal 2021 al 2026 rispetto al 2015-2020.

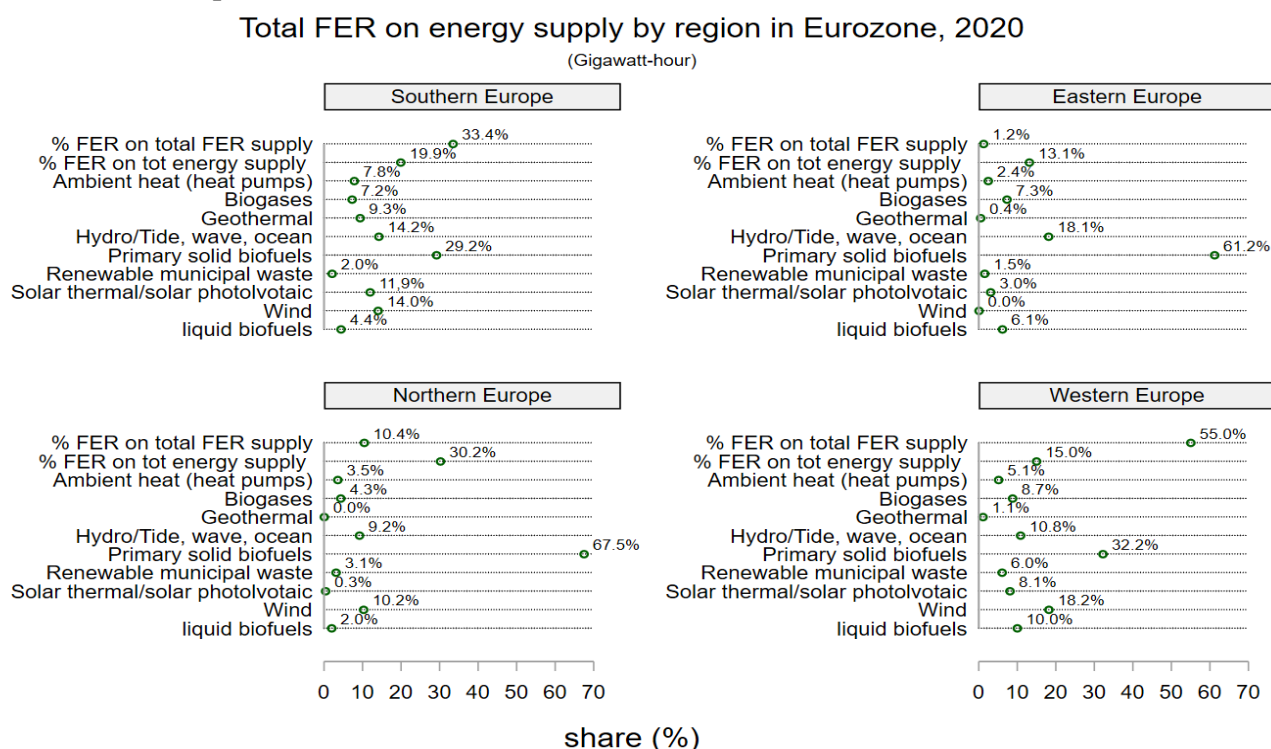


Fig. -16 gli aggregati sono distinti in: Sud Europa (EL, IT, ES, SL CY, MT) Nord Europa (FI, IR, LT, LV, EE) Europa Occidentale (FR, DE, BE, AT, NE, LU) e Europa Orientale (SK). Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.2 CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA

Il consumo di energia primaria è definito dalla Direttiva sull'efficienza energetica come il consumo interno lordo senza usi non energetici. Rappresenta uno dei pilastri della strategia dell'Unione e comprende i consumi e le perdite di conversione nelle trasformazioni energetiche.

Secondo la direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo, l'efficienza energetica è il modo più conveniente per ridurre le emissioni, migliorare la sicurezza energetica e la competitività economica, rendendo il consumo di energia più accessibile per i consumatori. Pertanto, la politica dell'EU mira a ridurre la quantità necessaria per lo stesso processo, senza ostacolare le prospettive di crescita.

Nel corso degli anni, il consumo di energia primaria ha oscillato poiché il fabbisogno energetico viene condizionato dagli sviluppi economici, dai cambiamenti strutturali nell'industria, dall'attuazione di misure normative e dalla situazione meteorologica. Nel 2020, il fattore chiave che ha influito sul raggiungimento degli obiettivi di ridurre del 20% il consumo di energia rispetto alle proiezioni di base, sono state le restrizioni relative al COVID-19 con una riduzione di 9.0 p.p in media, per gli stati membri rispetto ai consumi dell'anno precedente. Dal grafico [figura 17], si osserva una correlazione positiva intensa ($\rho = 0.98$) tra emissioni di gas ad effetto serra e consumi di energia con la Germania in testa con all'incirca 800 Milioni di tonnellate di CO₂eq. Nel quadro degli obiettivi climatici ed energetici del 2030, l'UE punta a un'efficienza energetica del 32,5%.

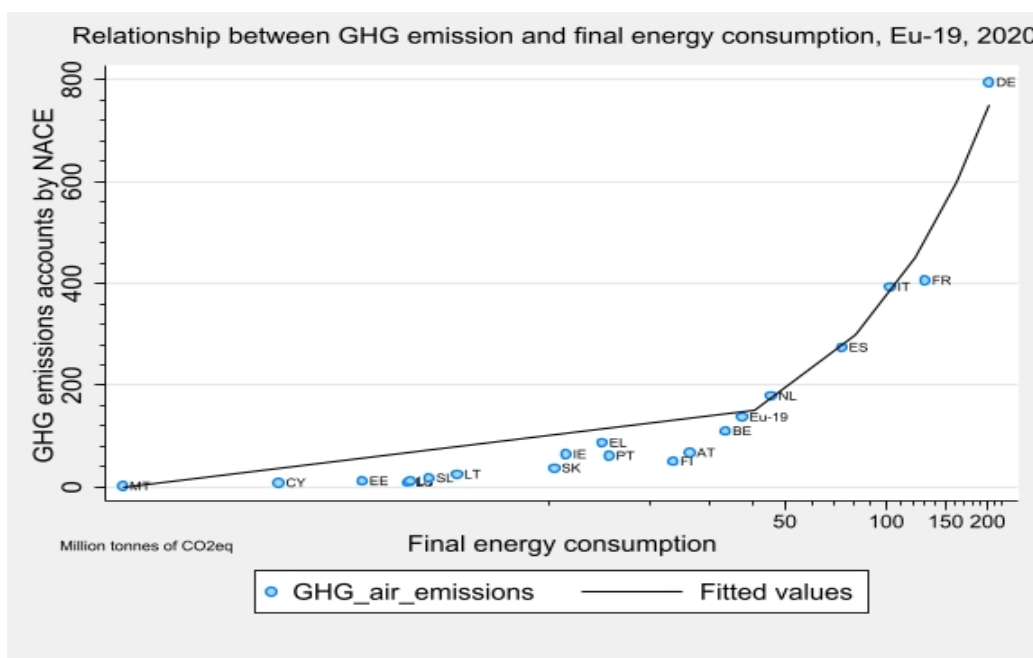


Fig. -17 Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.3 INTENSITÀ ENERGETICA

L'intensità energetica uno degli indicatori per misurare il fabbisogno energetico di un'economia. Si ottiene come rapporto tra il consumo interno lordo di energia e il prodotto interno lordo a parità di potere d'acquisto (PPS), calcolato per un anno solare.

L'intensità energetica è un indicatore fortemente collegato allo sviluppo economico di un paese e l'efficienza energetica non è l'unica variabile che influenza l'intensità: altri fattori come struttura industriale, ciclo economico, condizioni climatiche, stili di vita e mix energetico condizionano l'andamento di questo fattore. Un rapporto più basso indica che viene utilizzata meno energia per produrre un'unità di output. Tuttavia, se un paese di piccole dimensioni ha avuto livelli di intensità energetica bassi, non significa necessariamente che sia avanzato nel

risparmio energetico. Si tratta di un concetto relativo che va interpretato con le giuste considerazioni.

Storicamente la maggiore crescita economica e il consumo di energia hanno portato a maggiori emissioni di CO₂ e potenziali danni ambientali. Pertanto, il miglioramento dell'intensità energetica è considerato un mezzo importante per raggiungere gli obiettivi della politica climatica. Tra il 2008-2019 il consumo di energia è diminuito mentre il PIL in media per l'Eurozona è aumentato, con eccezione per il 2020. Durante questo periodo il tasso di diminuzione dell'intensità energetica è stato piuttosto costante, in media del 3.0% all'anno. Nel 2020 in Francia, Italia e Germania (principali economie energivore) è stato osservato un notevole disaccoppiamento relativo tra GDP ed emissioni di ghg dovute all'aumento dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e minori consumi. Come si può intuire nella figura di seguito (con $\rho = -0.24$). Tuttavia, la Finlandia, nonostante sia leader nella transizione energetica, ha avuto consumi di energia pro-capite doppi rispetto la media EU-19. Il divario è dovuto da una quota più elevata dell'industria della cellulosa e della carta, clima freddo e bassa densità della popolazione.

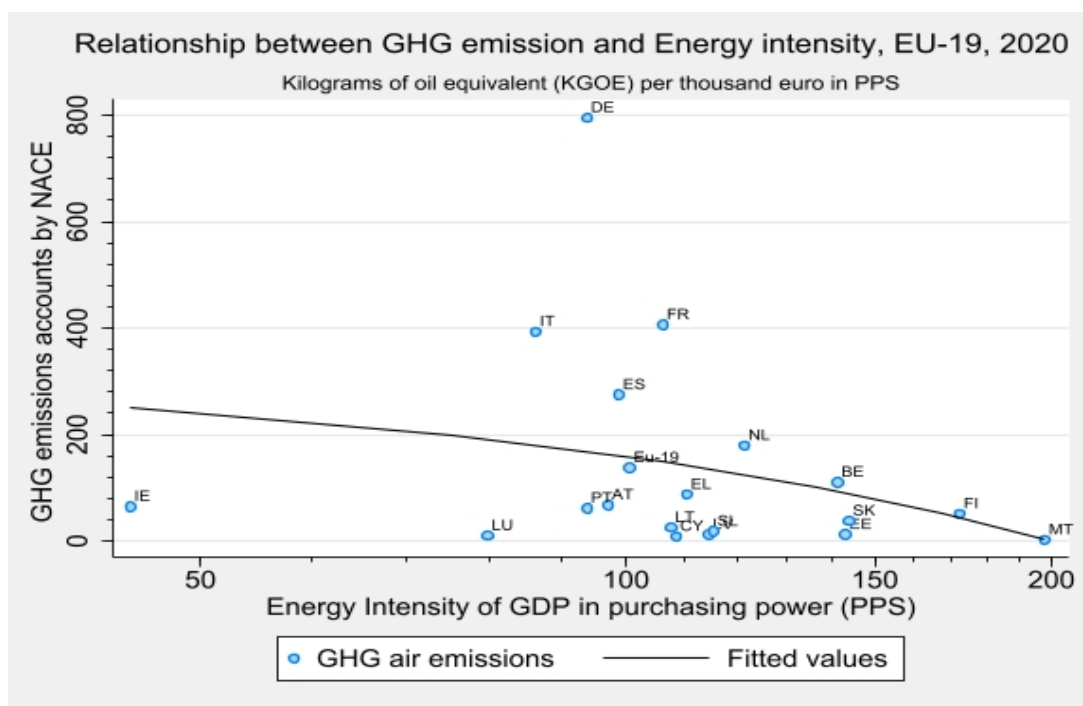


Fig. -18 Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.4 QUOTA COMBUSTIBILI FOSSILI

Combustibili fossili è un termine generico per fonti di energia non rinnovabile (esauribili) come carbone, gas naturale, prodotti petroliferi, sabbie bituminose e rifiuti non rinnovabili. Provengono da piante e animali che esistevano nel passato geologico, ma possono essere anche il prodotto di processi industriali di altri combustibili. L'uso intensivo di queste fonti è responsabile di molteplici feedback negativi che contribuiscono all'inquinamento atmosferico e riscaldamento globale. Nonostante i dubbi sollevati sull'impiego di queste risorse, rimane una sfida ambiziosa realizzare sistemi energetici sostenibili che riescano a soddisfare il fabbisogno durante tutti i cicli stagionali e garantire la sicurezza energetica.

Nel 2020, I combustibili rimangono l'approvvigionamento energetico principale dell'Eurozona con una quota del 65.4% dell'energia lorda disponibile per il consumo finale, con un calo del 4.4% dai valori registrati dal 2008. Questo aggregato è il risultato consumo energetico interno lordo $\pm \Delta$ input/output di trasformazione – settore energetico – perdite di distribuzione. Dalla figura 19, è possibile verificare che solo Finlandia, Estonia e Lettonia sono gli unici paesi in cui la quota da fonti non rinnovabili è inferiore al 46% con la Finlandia con una percentuale del 32.8%. Valori dell'indicatore compreso tra 46% e 60% sono osservabili in Grecia, Lussemburgo, Austria, Portogallo e Slovenia. Tutti gli altri paesi che corrispondono a 12 membri dell'eurozona su 19 hanno valori superiori al 60%. Rimane positiva la correlazione tra le due variabili in esame (con $\rho = 0.25$). La situazione corrente testimonia che c'è ancora molta strada da fare per ottenere energia a bassa emissione di CO₂eq.

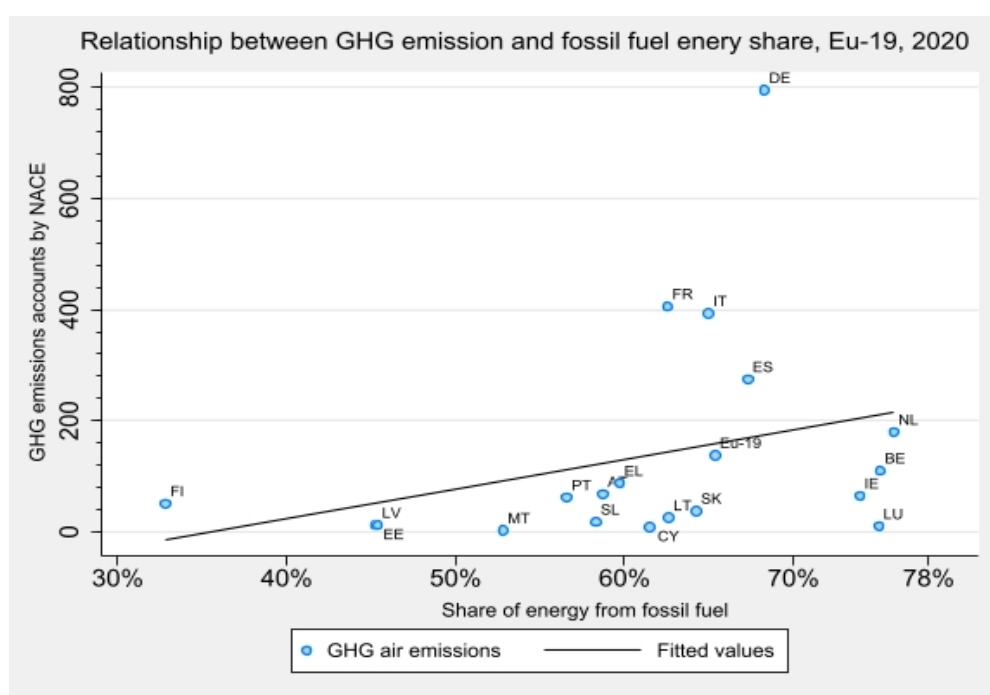


Fig. -19 Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.5 VALORE AGGIUNTO LORDO DA SETTORE MANUFATTURIERO

Il valore aggiunto manifatturiero (MVA) di un'economia è la stima totale della produzione netta di tutte le unità di attività manifatturiere, residenti sul territorio dell'Eurozona, ottenuta sommando la produzione lorda di tutti gli output e sottraendo il valore dei consumi intermedi degli input, in proporzione al prodotto interno lordo cumulativo. Si tratta di una misura indicatrice dello sviluppo dell'attività e del suo contributo al PIL. A causa della natura commerciabile dei beni, raffigurato nella [fig. 20], la quota di MVA delle imprese non finanziarie varia notevolmente tra gli Stati membri. Le cinque principali economie (DE, FR, IT, ES e NL) hanno contribuito per il 77.8% del valore aggiunto totale. Contestualmente sono anche i principali emettitori di gas ad effetto serra, con una correlazione delle variabili esplicative del ($\rho = 0.17$).

Nel 2020 il valore aggiunto della produzione dell'EU-19 ammontava a 1 646 milioni di EUR. La variazione media osservata tra 2019-2020 è stata del 7.0%. Si tratta di una differenza importante, ma non paragonabile al calo del 13% della produzione (185 milioni) registrato nel periodo 2009-2008, dovuta alla stretta di liquidità innescata dalla crisi finanziaria e di solvibilità. Mentre in percentuale al PIL, la riduzione è stata del 3%, in parte attenuata dalla contrazione di quest'ultimo. L'Irlanda rappresenta un'eccezione alla variazione registrata durante la recessione economica nel 2020: la quota di MVA è cresciuta del 13%, attestandosi a 129 milioni. Secondo Economic & Social Research Institute, Questa performance può essere attribuita dalla presenza sul territorio di grandi aziende tecnologiche e farmaceutiche. La concentrazione dell'export in servizi informatici, prodotti farmaceutici e medicinali ha in parte compensato il crollo di altre produzioni, aumentando al contempo la sua quota sul PIL.

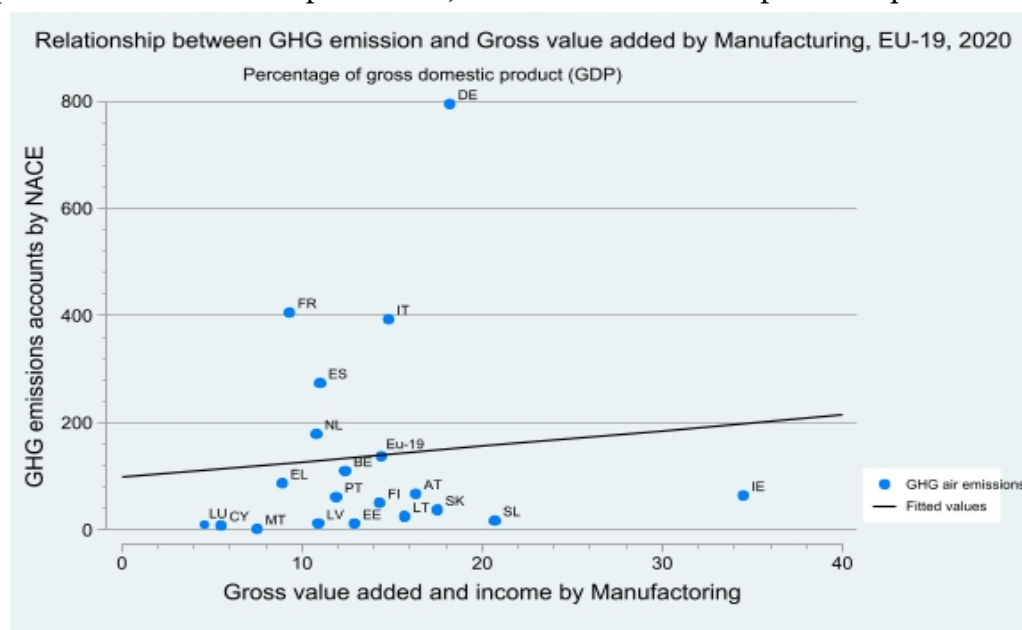


Fig. -20 Elaborazione su dati Eurostat

A livello di sub settori NACE, può essere ravvisato dalla [figura 21] che il settore dei metalli, chimico-farmaceutico, coke e petroliferi e del settore dell'alimentare abbiano un'impronta ecologica maggiore. Dipendono fortemente dai combustibili fossili e contribuiscono in modo significativo alle emissioni di gas ad effetto serra.

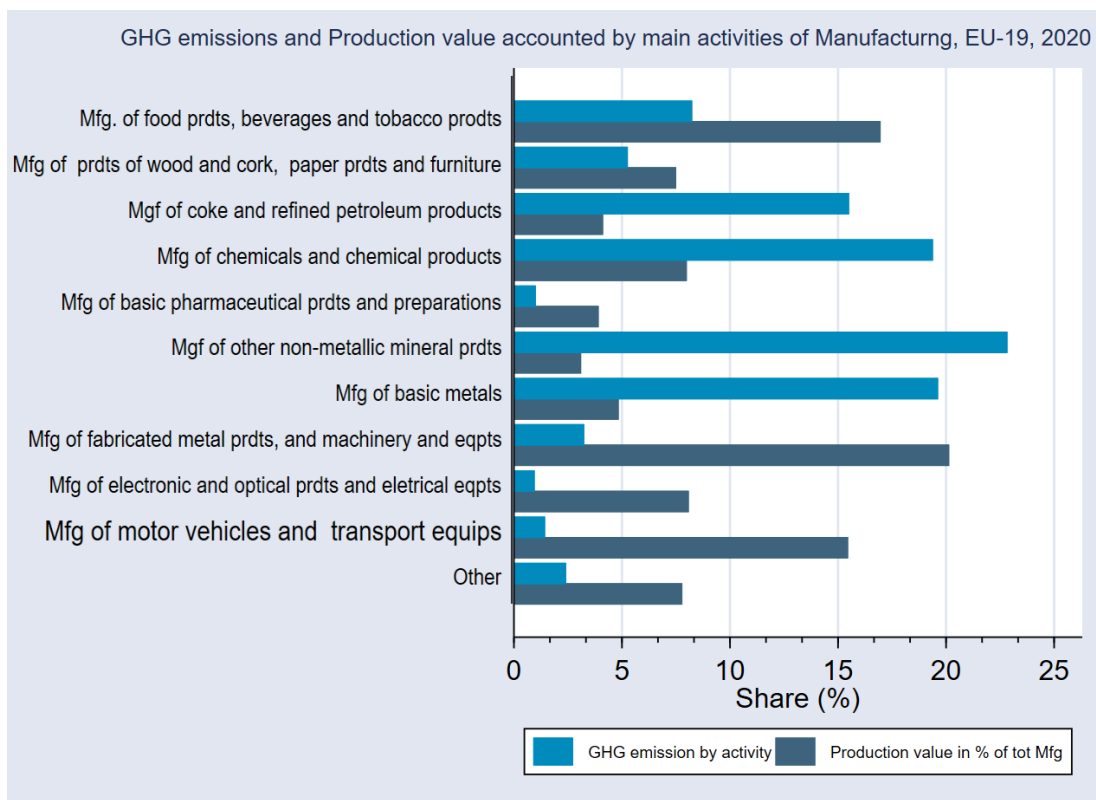


Fig. -21 Elaborazione su dati Eurostat.

2.3.6 REDDITO MEDIANO EQUIVALENTE DELLE FAMIGLIE

Il reddito disponibile totale di una famiglia è calcolato sommando il reddito personale percepito da tutti i membri della famiglia più il reddito percepito a livello familiare. Il reddito familiare disponibile comprende:

- tutti i redditi da lavoro (salari dei dipendenti e redditi da lavoro autonomo)
- reddito privato da investimento e proprietà
- trasferimenti tra famiglie
- tutti i trasferimenti sociali percepiti in denaro comprese le pensioni di vecchiaia.

Per tenere conto dell'impatto delle differenze nella dimensione e nella composizione del nucleo familiare, il reddito familiare disponibile totale è "equivalente". Il reddito equivalente attribuito a ciascun componente del nucleo familiare è calcolato dividendo il reddito totale disponibile del nucleo familiare per il fattore di equivalente. I fattori di equivalenza possono essere determinati in vari modi. Eurostat applica un fattore di equivalenza calcolato secondo la scala modificata dall'OCSE proposta per la prima volta nel 1994 - che attribuisce un peso di

1,0 alla prima persona di età pari o superiore a 14 anni, un peso di 0,5 alle altre persone di età pari o superiore a 14 anni e un peso di 0,3 a persone di età compresa tra 0 e 13 anni per tener conto dei benefici delle economie di scala. Condividendo l'energia utilizzata per gli elettrodomestici e la coabitazione, vengono ridotti i consumi. Per famiglia si intende una persona che vive da sola o un gruppo di persone che vivono insieme nella stessa abitazione privata, condividendo le spese. Tra il 2008-2020 la maggior parte degli Stati membri ha registrato una diminuzione del numero medio di persone nel nucleo familiare (da 2.3 a 2.2), mentre il numero totale di famiglie è aumentato del 8.0% con l'incremento maggiore delle famiglie senza figli (11.5%) nello stesso periodo.

Il report AR5 dell'IPCC sottolinea come “i miglioramenti tecnologici e i cambiamenti nella produzione dovrebbero svolgere un ruolo fondamentale nella mitigazione del cambiamento climatico, ma un numero crescente di studi suggerisce che non sarà possibile evitare il degrado ambientale senza contributi significativi dal lato dei consumi”. Considerando che il reddito è il principale motore dei consumi, i cambiamenti nei modelli di consumo degli utenti possono svolgere un ruolo significativo nella mitigazione delle emissioni di gas ad effetto serra. Le scelte quotidiane compiute e gli stili di vita degli individui possono generare significativi impatti sull'ambiente.

Il consumo privato svolge un ruolo significativo nel trainare le economie dei paesi, considerando che nell'EU-19, i consumi privati per il periodo 2008-2020, rappresentavano in media il 53.8% del prodotto interno lordo, [fig-22]. L'impatto della pandemia di Covid-19 è stato molto più grave rispetto la crisi finanziaria 2008-2009. Nell'Eurozona, il budget in media per “ristoranti e alberghi” è diminuita del 35.4% rispetto al livello dell'anno precedente, mentre le spese per “trasporti”, “ricreazione e cultura” si sono ridotte rispettivamente del 15,7% e 13,3%. Contestualmente sono stati osservati incrementi nei consumi di “cibo e bevande non alcoliche” (10,6%), “comunicazioni” (8,3%) e “abitazioni, acqua, elettricità, gas e altri combustibili” del 3,4%.

La commissione Europea sta favorendo politiche sulla mobilità sostenibile in ambito urbano, politiche di risparmio energetico e incremento dell'efficienza degli edifici per ridurre l'impronta ecologica delle famiglie.

Il consumo indiretto di energia delle famiglie e le emissioni a esso associate aumentano costantemente con l'aumento del reddito e con l'energia indiretta insita nei beni e servizi, determinando così la quota maggiore del consumo nazionale. Le famiglie possono, quindi, contribuire notevolmente alla riduzione di tale consumo scegliendo, ad esempio, beni e servizi eco-compatibili e riciclando i materiali di scarto. Si può notare come le due variabili siano positivamente correlate in tutti i paesi ($\rho = 0.22$).

Evolution of household expenditure by consumption purpose, EU-19

% of GDP	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	change in (%)		
														Δ 08-19	Δ 19-20	Δ 08-09
TOTAL	54,3	55,2	55	54,8	55,1	54,8	54,3	53,6	53,4	53,1	53	52,5	50,5	-3,3%	-3,8%	1,7%
Food and non-alcoholic beverages	6,8	7	6,9	6,8	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6	7,3	-2,9%	10,6%	2,9%
Alcoholic beverages, tobacco and narcotics	2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2	2	2	2,1	0,0%	5,0%	5,0%
Clothing and footwear	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4	2,1	-17,2%	-12,5%	0,0%
Housing, water, electricity, gas and other energy	12,2	12,9	13	13	13,4	13,5	13,2	13	12,8	12,6	12,5	12,4	13,2	1,6%	6,5%	5,7%
Furnishings, household equipment and routine household maintenance	3,2	3,2	3,3	3,2	3,2	3,1	3	3	3	3	2,9	2,9	3	-9,4%	3,4%	0,0%
Health	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	4,5%	0,0%	4,5%
Transport	7,2	7,1	7	7,2	7,1	6,9	6,9	6,7	6,7	6,9	7	7	5,9	-2,8%	-15,7%	-1,4%
Communications	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	-25,0%	8,3%	0,0%
Recreation and culture	4,8	4,9	4,8	4,8	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	3,9	-6,3%	-13,3%	2,1%
Education	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0%	0,0%	0,0%
Restaurants and hotels	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	3,1	6,7%	-35,4%	0,0%
Miscellaneous goods and services	6,5	6,2	6,3	6,2	6,1	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6	6	-7,7%	0,0%	-4,6%

Fig. -22 Elaborazione su dati Eurostat.

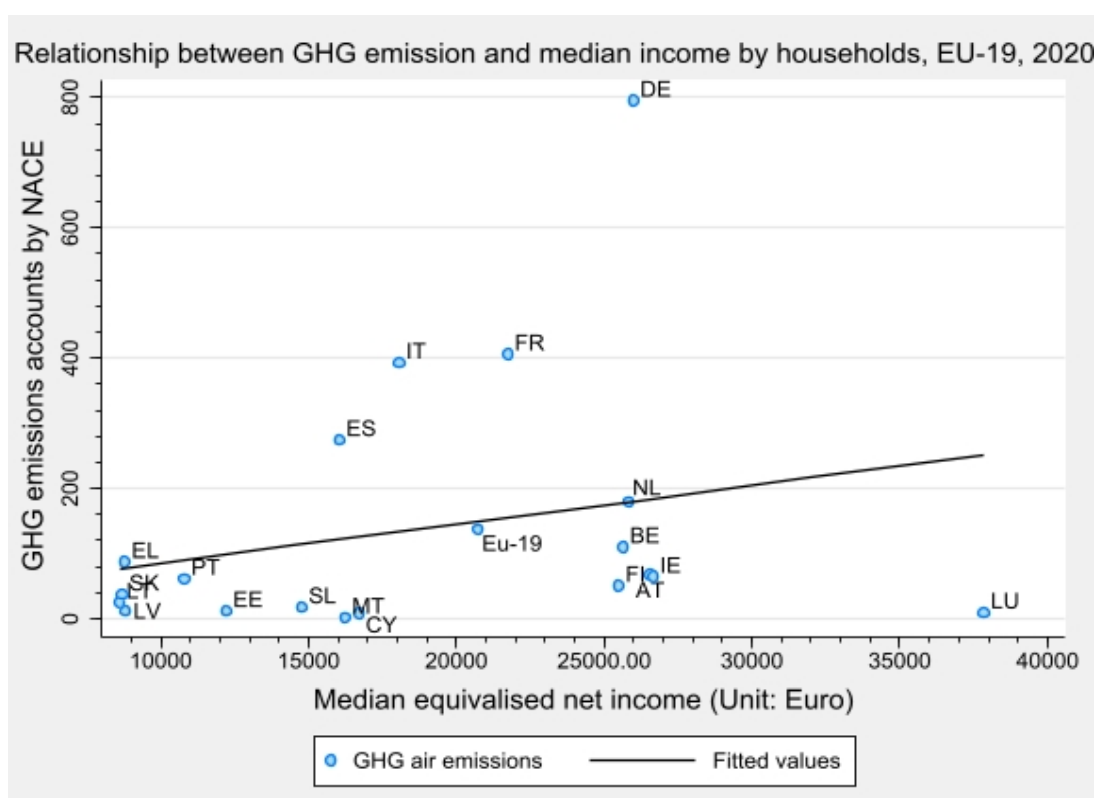


Fig. -23 Elaborazione su dati Eurostat.

CAPITOLO 3: ANALISI DI REGRESSIONE

In questo terzo capitolo cerchiamo di rispondere a una serie di domande più mirate. Le unità di studio sono gli stati membri dell'Eurozona. Faremo una semplice analisi in cui faremo luce sui coefficienti stimati delle variabili considerate e il loro potere esplicativo nei confronti delle emissioni cumulate di gas ad effetto serra. Una volta descritti i data panel, commenteremo i risultati ottenuti sia dai modelli ad effetti fissi che di modelli ad effetti casuali e tratteremo le nostre conclusioni.

3.1 MODELLO APPLICATIVO

I Panel data sono un insieme di dati multidimensionali, dove le osservazioni relative all' i -esimo individuo sono riportate nell'istante t -esimo. Combinando le differenze intra-gruppo e tra i gruppi, i panel longitudinali presentano diversi vantaggi rispetto ai dati trasversali o alle serie temporali. Consentono di disporre di un numero maggiore di variabili e quindi di informazioni, aumentando così i gradi di libertà e l'efficienza delle stime econometriche. Allo stesso tempo, i limiti di questi modelli sono i periodi di tempo ristretti, l'eterogeneità non osservata e le inferenze causali errate.

Considerando il seguente modello di regressione:

$$y_{it} = a_{it} + x'_{it}\beta + e_{it} \quad i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T \quad [3]$$

Dove i denota le unità paese osservate, mentre t gli istanti temporali nel periodo 2008-2020; e_{it} è l'errore dell'equazione, a_{it} è la componente della variazione della variabile dipendente che non è spiegata dall'equazione, β rappresenta il vettore dei coefficienti e x_{it} contiene K regressori che variano nel tempo. La bidimensionalità dei dati può essere rappresentata dal termine di errore e_{it} , scomponibile in un termine non osservabile costante nel tempo ma variabile da individuo a individuo (f_i), e in un componente di errore variabile nel tempo e tra entità (μ_{it}).

Il termine di errore è così scomposto: $e_{it} = \mu_{it} + f_i$ [4]

Se si ipotizza l'assenza di eterogeneità individuale si può procedere applicando le assunzioni dei minimi quadrati ai dati considerati. A seconda di come si modella l'eterogeneità nel panel, si hanno diversi stimatori. Quelli di nostro maggiore interesse sono i seguenti:

- Modello ad effetti fissi, se gli effetti individuali non osservabili sono correlati con i regressori;
- Modello ad effetti casuali, se gli effetti individuali sono ipotizzati stocastici.

3.1.1 MODELLO CON EFFETTI FISSI

Se sono presenti variabili esplicative omesse e questi fattori sono correlati con le variabili nel modello, la specificazione ad effetti fissi può fornirci un mezzo per controllare la distorsione delle variabili non osservate che variano tra stati ma non nel tempo; che variano nel tempo ma non tra stati o che variano in entrambe le direzioni. Generalmente si ipotizza che alcuni regressori siano endogeni, cioè correlati con il termine di errore, ma che l'endogeneità possa essere modellata come una dipendenza tra regressori e una componente inosservata tempo-invariante:

$$\text{cov}(x_{it}, f_i) \neq 0. \quad [5]$$

Sotto l'ipotesi che i regressori siano strettamente esogeni, ossia che il termine di errore sia incorrelato con ogni osservazione di x_{it} nel dataset, si considera il modello seguente:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_i\gamma + \mu_i + f_i \quad [6]$$

Dove abbiamo evidenziato le variabili esplicative che variano nel tempo (x_{it}) e quelle che non variano ($z'_i\gamma = a_i$) responsabili per l'eterogeneità inosservata. I modelli a effetti fissi stimati con lo stimatore within groups (WG), eliminano l'effetto fisso individuale f_i dall'equazione, escludendo così la fonte della correlazione con il termine di errore. Il criterio si applica ridefinendo le variabili come segue:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it} \quad \bar{x}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it} \quad \bar{z}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it} \quad [7]$$

In cui:

$$\tilde{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i \quad \tilde{x}_{it} = x_{it} - \bar{x}_i \quad \tilde{z}_i = z_i - \bar{z}_i = 0 \quad [8]$$

dove il modello della media è:

$$\bar{y}_i = \bar{x}'_i\beta + \bar{z}'_i\gamma + f_i + \bar{u}_{it} \quad [9]$$

Dopo di che si sottrae alle variabili per ogni paese (y_{it}) la media di quel paese (\bar{y}_i), ricentrando i dati intorno allo zero. Il modello ad Effetti Fissi ottenuto, da [6]- [9], può essere così scritto come:

$$\tilde{y}_{it} = \tilde{x}_{it}\beta + \tilde{u}_{it} \quad [10]$$

Si osserva che z_i sia che f_i sono ora assenti dall'equazione. La costante riportata nella stima Within, infatti, altro non è che la media degli effetti individuali. In questo modo, le differenze invarianti nel tempo per paese sono assorbite dall'intercetta. Vengono adottate la stessa pendenza e varianza costante per le osservazioni intra-gruppo.

3.1.2 MODELLO CON EFFETTI RANDOM

Una alternativa al modello FE è il modello con effetti casuali (random effects model, RE) in cui i termini di errore hanno una distribuzione stocastica. La logica alla base del modello a effetti casuali è che, a differenza del modello a effetti fissi, si presume che la variazione tra le unità sia casuale e non correlata alle variabili indipendenti incluse nel modello. In altre parole, tratta gli effetti individuali f_i come parte del termine di errore. La capacità di realizzare ciò implica l'ipotesi cruciale che:

$$cov(x_{it}, f_i) = 0.$$

Ossia che il parametro di disturbo sia indipendente dai predittori, il che consente alle variabili invarianti nel tempo di svolgere il ruolo di variabili esplicative.

Il modello re consente di modellare l'eterogeneità tra le unità e richiede che gli effetti a livello di gruppo e le variabili esplicative non siano correlate. Per giustificare modello RE, il requisito necessario che un effetto individuale possa ritenersi indipendente da tutti i regressori è spesso controverso. Se siamo interessati a testare l'effetto di una variabile tempo-invariante, la RE può produrre tale stima, ma dovremmo includere tutte le variabili tempo-invarianti, le dummy per paese, come controlli per cercare di garantire che l'ipotesi di indipendenza sia soddisfatta.

Nel nostro caso, è preferibile ricorrere al modello a effetti fissi per le stime in cui le osservazioni sono unità geografiche costanti nel tempo. La scelta su quale dei due modelli rappresenti la migliore specificazione, può essere effettuata con il test di Hausman. L'ipotesi nulla H_0 considera il modello ad effetti casuali il più attendibile. La presenza di differenze sistematiche tra i coefficienti nei due modelli può essere interpretata come presenza di correlazione tra l'eterogeneità individuale non osservata tra i regressori e gli errori.

Se il test rifiuta l'ipotesi nulla, avendo un p-value inferiore a 0,05; significa che le stime del modello FE sono preferibili, in quanto risultano consistenti.

3.1.3 METODO CLUSTERING

Quando gli errori di regressione sono correlati all'interno dei gruppi paese, l'ipotesi di errori indipendenti viene violata e gli errori standard OLS spesso sottostimano l'incertezza del campionamento reale. Come l'eteroschedasticità, questa potenziale correlazione seriale non introduce dei bias nello stimatore a effetti fissi, ma condiziona sensibilmente il calcolo della varianza e, di conseguenza, degli errori standard, sollevando dubbi sulla sua effettiva efficienza. Questo perché le osservazioni per la stessa unità non sono indipendenti. La funzione *-vce (cluster clusvar)-* risolve questo problema consentendo un'inferenza valida. Questa opzione indica a STATA di usare gli errori standard per dati raggruppati (clustered). Così facendo non diamo per assunto che le osservazioni siano i.i.d nel tempo per la stessa unità e similmente che $corr(u_{it}, u_{it+1})$ sia uguale a zero. Implicitamente abbiamo consentito la correlazione seriale per unità statistiche all'interno di ogni gruppo paese, ma trattiamo gli errori di regressione come robusti e incorrelati tra unità diverse. Nella regressione con dati panel, gli errori standard clustered sono validi indipendentemente dal fatto che vi sia eteroschedasticità e/o correlazione seriale.

$$xtreg\ y\ x1\ x2\ x3\ \dots\ xn, vce\ (cluster\ Country)$$

Vce (cluster Country) è una generalizzazione del calcolo vce (robust), dove il raggruppamento è a livello di stato. Quest'assunzione consente di evitare un'elevata distorsione dei coefficienti dei regressori.

3.2 STIMA DEI COEFFICIENTI E COMMENTO DEI RISULTATI

La tabella successiva contiene un riepilogo dei risultati delle stime relative ai panel ad effetti random (RE), riportati nelle prime tre regressioni con specificazioni differenti, e modello ad effetti fissi (FE), osservabile nella quarta colonna. Il parametro dipendente considerato sono le emissioni cumulate di gas ad effetto serra. Le variabili incluse nel modello sono espresse in logaritmi al chiaro scopo di ottenere misure di elasticità facilmente comparabili. Ogni colonna riporta una diversa regressione e ogni riga la stima di un coefficiente, il suo errore standard, il valore-p e altre informazioni sulla regressione. Le stime sono state condotte includendo le variabili esplicative cross-country per quanto concerne la regressione (3). Mentre per la regressione (2) sono state utilizzate 3 dummy che raggruppavano gli stati in funzione della partecipazione economica al prodotto interno lordo dell'Eurozona.

Come è facilmente intuibile, le grandi economie, sono i principali responsabili alle emissioni di ghg. I paesi raggruppati in dum1 emettono 0.8% in più rispetto agli stati a basso reddito di riferimento (dum3): a questa variabile dummy sono associati un maggiore incremento

dell'inquinamento atmosferico. In modo particolare, le stime prodotte esplicative per country, (*BE, DE, ES, FR, IT, NL*), hanno effetti sostanziali sulla nostra variabile dipendente per livelli di significatività del 10%. Queste differenze potrebbero essere dovute alla diversa struttura del tessuto produttivo, densità abitativa, condizioni metereologiche e altre considerazioni non tenute conto dalle nostre ipotesi.

Nel complesso, sembra rilevante sottolineare che, sebbene le diverse premesse alla base dei modelli di stima impiegati (1) e (4), i risultati sono stabili per quanto concerne il segno e grandezza del coefficiente delle nostre variabili. Le stime ottenute con una specificazione random con effetti fissi per paese (3) e con lo stimatore ad effetti simili (4) sono coincidenti. In entrambe le regressioni, infatti, vengono incluse variabili invarianti nel tempo che catturano le differenze per unità nelle variabili esplicative. Per quanto riguarda la rappresentatività della tabella, notiamo che le stime del R-quadro sono prossime a 1. Si può, quindi, sostenere che i regressori “spiegano” gran parte della variazione delle emissioni di gas ad effetto serra, confermando il notevole potere esplicativo dei modelli utilizzati.

Come si è osservato nell'analisi descrittiva del capitolo precedente, il valore aggiunto manifatturiero risulta essere statisticamente significativo al 10%: una variazione del 1% è associata ad un'incremento del 0.375% delle emissioni totali. Il consumo di energia primaria è correlata positivamente alla variabile dipendente con un coefficiente di pari a (+0.830) nella regressione (1) e pari a (+0.537) nel caso della regressione (4).

I combustibili fossili rimangono l'approvvigionamento energetico principale con una quota del 65.4% dell'energia lorda disponibile per il consumo finale. Nonostante il decremento osservato nel periodo 2008-2020, il valore del coefficiente rimane significativo; rispettivamente (0.453) % per modello 1 e (0.546) % per il modello 4 per l'incremento di 1% di *Lfossil_q*.

I risultati, tuttavia, non evidenziano alcun effetto della quota di energia rinnovabile sulla variabile dipendente. I Potenziali benefici delle FER non concorrono in modo consistente al decremento dei gas inquinanti. Il coefficiente del regressore, di segno negativo come atteso, passa da (-0.02%) a (-0.008%) nei 2 modelli di specificazione (1) e (4). Inoltre, l'ipotesi che il reddito mediano equivalente delle famiglie influenzi la nostra variabile dipendente, viene scartata al livello di significatività del 5%.

L'intensità energetica è un fattore legato allo sviluppo economico, ma si tratta di una variabile fortemente influenzata da altre condizioni non incluse nel nostro lavoro. Il fatto che il fabbisogno energetico medio dell'Eu-19 si sia ridotto nell'intervallo temporale di studio, non ha implicato una minore emissione di ghg. Di conseguenza, l'opportunità di sfruttare questi potenziali risparmi sembra essere ridotta.

Variabile dip: emissione cumulate di GHG per attività economiche Nace residenti nell'Eu-19

Nome Var.	(1)	(2)	(3)	(4)
Innet_hh	-0.111 (0.0820)	-0.0856 (-1.06)	-0.0434 (0.0908)	-0.0434 (0.0873)
lEn_intensity	0.132 (0.102)	0.174 (1.71)	0.225 (0.116)	0.225 (0.111)
lfossil_q	0.453*** (0.121)	0.496*** (3.30)	0.546** (0.209)	0.546* (0.201)
lfeng_1	0.830*** (0.0453)	0.684*** (8.54)	0.537*** (0.121)	0.537*** (0.116)
lmanufac_q	0.375*** (0.0998)	0.391*** (4.14)	0.409*** (0.0957)	0.409*** (0.0920)
lRenewable_q	-0.0252 (0.0212)	-0.0149 (-0.78)	-0.00806 (0.0170)	-0.00806 (0.0164)
SL			0.599** (0.216)	
BE			0.217*** (3.95)	
CY			-0.258 (-0.82)	
DE			1.276*** (5.52)	
EE			-0.0821 (-0.32)	
EL			0.839*** (7.78)	
ES			0.976*** (6.09)	
Eu-19			0.525*** (9.43)	
FI			0.0911 (0.60)	
FR			1.050*** (4.81)	
IE			0.176 (1.11)	
IT			1.046*** (5.64)	
LT			-0.349 (-1.58)	
LU			-0.664* (-2.38)	
LV			-0.535* (-2.44)	
MT			-1.071* (-2.41)	
NL			0.669*** (6.81)	
PT			0.300** (2.94)	
SK			-0.292* (-2.09)	
AT			0	
dum1		0.810* (2.35)		
dum2		0.350 (1.45)		
dum3		0		
_cons	-0.460 (1.051)	-1109 (-1.03)	-1.444 (-1.12)	-1.278 (-1.226)
R-sq	0.9682	0.9588	0.9987	0.9543
Rmse	0.0589	0.0575	0.0567	0.0546
FE per paese	NO	NO	SI	NO
Modello RE	SI	SI	SI	NO
Modello FE	NO	NO	NO	SI
Cluster Country	SI	SI	SI	SI
Periodo (t)	2008-2020	2008-2020	2008-2020	2008-2020
N	260	260	260	260

Tabella 3 - Queste regressioni sono state stimate utilizzando i dati panel per 19 stati EU. Gli errori standard sono riportati tra parentesi sotto i coefficienti. *, **, *** indicano il livello di significatività al 90%, 95% e 99%, rispettivamente. Tabella estrapolata da excel inseguito elaborazione dati su Stata

3.3 CONCLUSIONE

I risultati presentati in questo lavoro rappresentano un tentativo di chiarire chi siano i principali emettitori di gas ad effetto serra e l'effettiva relazione tra i fattori proposti e la nostra variabile dipendente attraverso un modello longitudinale. In particolare, sono stati analizzati 19 paesi per il periodo 2008-2020. In aggiunta, dal punto di vista econometrico, lo studio ha considerato sia il panel ad effetti fissi, sia quello ad effetti random. I risultati ottenuti con le diverse considerazioni e specificazioni sono coerenti con la gran parte delle ipotesi teoriche affrontate nei capitoli precedenti. Abbiamo determinato che la variazione del consumo di energia primaria è la determinante di maggiore effetto sulle emissioni di gas ad effetto serra per le attività economiche residenti nell'Eu-19.

Mentre, la marginalità delle stime puntali della quota dei vettori verdi suggerisce che gli agenti politici dovrebbero concentrarsi maggiormente sul lato dei consumi e sull'impronta ecologica dei sub-settori manifatturieri ad alta intensità di carbonio, con un impegno maggiore nel disaccoppiamento tra PIL ed emissioni di gas ad effetto serra. Per accelerare la transizione verso operazioni a emissioni zero sono necessari miglioramenti nell'efficienza energetica industriale e più investimenti nelle tecnologie di cattura, stoccaggio e riutilizzo dei gas inquinanti.

Osservando le nostre variabili esplicative invarianti nel tempo, le grandi economie sono i paesi più inquinanti all'interno dell'Eu-19, con Germania Spagna Francia e Italia, in cima alla classifica.

Infine, per quanto riguarda gli impatti ambientali, è stato stabilito che sono necessari piani più ambiziosi e maggiori impegni comuni per raggiungere gli obiettivi vincolanti dell'Agenda 2030. Come dimostrato dall'IPCC, la crescente industrializzazione e l'eccessivo sfruttamento delle fonti energetiche non rinnovabili hanno contribuito all'aumento della temperatura globale. La forte interdipendenza tra clima, ecosistemi naturali e società umane accentua la dimensione e l'intensità dei disastri ambientali, aggiungendo ulteriore stress ai sistemi sociali. Senza miglioramenti mirati, le temperature globali continueranno ad aumentare, portando a inondazioni più catastrofiche, incendi boschivi, condizioni meteorologiche estreme e perdita di biodiversità. Queste prospettive per il futuro rischiano di aumentare le disparità sociali e le divergenze tra gli Stati. Pertanto, si rende auspicabile un più ampio coinvolgimento globale e la contestuale realizzazione di un sistema di strumenti di incentivazione che guidino ogni stato verso una crescita sostenibile e la neutralità climatica, secondo una traiettoria indicativa per limitare la temperatura di 1,5 °C nei prossimi anni. I paesi ad alto reddito dovrebbero svolgere un ruolo attivo nell'assistere i paesi in via di sviluppo e contribuire a tradurre politiche a basse emissioni di carbonio in investimenti resilienti al clima.

Appendice A. test di correlazione, STATA

	lnghg	lnnet_hh	lEn_in~y	lfossil~q	lfeng_1	lmanuf~q	lRenew~q
lnghg	1.0000						
lnnet_hh	0.3141*	1.0000					
	0.0000						
lEn_intens~y	-0.3091*	-0.2863*	1.0000				
	0.0000	0.0000					
lfossil_q	0.2905*	0.3375*	-0.4564*	1.0000			
	0.0000	0.0000	0.0000				
lfeng_1	0.9817*	0.3884*	-0.3121*	0.2600*	1.0000		
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
lmanufac_q	0.3635*	-0.1207	-0.1218*	-0.1341*	0.3308*	1.0000	
	0.0000	0.0518	0.0498	0.0307	0.0000		
lRenewable_q	0.1980*	-0.3179*	-0.2451*	-0.3911*	0.2145*	0.3029*	1.0000
	0.0013	0.0000	0.0001	0.0000	0.0005	0.0000	

Appendice B. regressione modello 1, STATA

```
. xtreg lnghg lnnet_hh lEn_intensity lfossil_q lfeng_1 lmanufac_q lRenewable_q, vce (cluster C_id)
```

Random-effects GLS regression
Group variable: C_id

Number of obs = 260
Number of groups = 20

R-squared:

Within = 0.6298
Between = 0.9696
Overall = 0.9682

Obs per group:

min = 13
avg = 13.0
max = 13

corr(u_i, X) = 0 (assumed)

Wald chi2(6) = 878.36
Prob > chi2 = 0.0000

(Std. err. adjusted for 20 clusters in C_id)

lnghg	Coefficient	Robust std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
lnnet_hh	-.1113866	.0820449	-1.36	0.175	-.2721917	.0494185
lEn_intensity	.1315744	.1021448	1.29	0.198	-.0686258	.3317745
lfossil_q	.4525417	.1214975	3.72	0.000	.2144108	.6906725
lfeng_1	.8299636	.0453182	18.31	0.000	.7411416	.9187855
lmanufac_q	.3750556	.099839	3.76	0.000	.1793747	.5707365
lRenewable_q	-.0251761	.0211763	-1.19	0.234	-.0666808	.0163286
_cons	-.4595278	1.050577	-0.44	0.662	-2.51862	1.599565
sigma_u	.28597568					
sigma_e	.05673462					
rho	.96213197	(fraction of variance due to u_i)				

Appendice C. regressione modello 2, STATA

```
. xtreg lnghg lnnet_hh lEn_intensity lfossil_q lfeng_1 lmanufac_q lRenewable_q dum1 dum2 dum3, vce (cluster C_id)
note: dum3 omitted because of collinearity.
```

```
Random-effects GLS regression              Number of obs   =       260
Group variable: C_id                      Number of groups  =        20

R-squared:                                Obs per group:
    Within = 0.6430                        min =          13
    Between = 0.9600                       avg =         13.0
    Overall = 0.9588                       max =          13

Wald chi2(8) =      1081.30
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Prob > chi2       =      0.0000

(Std. err. adjusted for 20 clusters in C_id)
```

lnghg	Coefficient	Robust std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
lnnet_hh	-.0856191	.0805486	-1.06	0.288	-.2434915	.0722533
lEn_intensity	.1740252	.1018842	1.71	0.088	-.025664	.3737145
lfossil_q	.4964896	.1504567	3.30	0.001	.2015999	.7913792
lfeng_1	.6838388	.080072	8.54	0.000	.5269006	.8407769
lmanufac_q	.3906818	.0942561	4.14	0.000	.2059433	.5754204
lRenewable_q	-.0149346	.0190737	-0.78	0.434	-.0523184	.0224493
dum1	.8102563	.3454326	2.35	0.019	.1332209	1.487292
dum2	.3499007	.2420476	1.45	0.148	-.1245039	.8243054
dum3	0	(omitted)				
_cons	-1.109019	1.073213	-1.03	0.301	-3.212479	.9944401
sigma_u	.31022183					
sigma_e	.05673462					
rho	.9676359	(fraction of variance due to u_i)				

Appendice D. regressione modello 3, STATA

```
. xtreg lnghg lnnet_hh lEn_intensity lfossil_q lfeng_1 lmanufac_q lRenewable_q i.C_id, vce (cluster C_id)
```

```
Random-effects GLS regression              Number of obs   =       260
Group variable: C_id                      Number of groups  =        20

R-squared:                                Obs per group:
    Within = 0.6485                        min =          13
    Between = 1.0000                       avg =         13.0
    Overall = 0.9987                       max =          13

Wald chi2(6) =      .
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Prob > chi2       =      .

(Std. err. adjusted for 20 clusters in C_id)
```

lnghg	Coefficient	Robust std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
lnnet_hh	-.0434122	.0907861	-0.48	0.633	-.2213496	.1345251
lEn_intensity	.2247449	.1157024	1.94	0.052	-.0020276	.4515173
lfossil_q	.5459738	.2092293	2.61	0.009	.135892	.9560556
lfeng_1	.5366492	.1208554	4.44	0.000	.299777	.7735215
lmanufac_q	.4090986	.0956841	4.28	0.000	.2215611	.596636
lRenewable_q	-.0080579	.017001	-0.47	0.636	-.0413793	.0252634
C_id						
BE	.2171572	.0549179	3.95	0.000	.1095201	.3247943
CV	-.2581096	.31486	-0.82	0.412	-.8752238	.3590046
DE	1.275556	.2310565	5.52	0.000	.8226935	1.728418
EE	-.0820767	.2581901	-0.32	0.751	-.5881201	.4239667
EL	.8391737	.1078409	7.78	0.000	.6278094	1.050538
ES	.9759221	.1603722	6.09	0.000	.6615984	1.290246
Eu-19	.5249851	.0556973	9.43	0.000	.4158203	.6341499
FI	.0911443	.1525042	0.60	0.550	-.2077584	.390047
FR	1.05002	.2182552	4.81	0.000	.6222472	1.477792
IE	.1755433	.1580069	1.11	0.267	-.1341444	.4852311
IT	1.045944	.1853721	5.64	0.000	.6826214	1.409267
LT	-.3491076	.2208535	-1.58	0.114	-.7819725	.0837573
LU	-.6640862	.2795643	-2.38	0.018	-1.212022	-.1161502
LV	-.5345163	.2193074	-2.44	0.015	-.9643508	-.1046817
MT	-1.070671	.4448609	-2.41	0.016	-1.942582	-.1987594
NL	.6694279	.0983581	6.81	0.000	.4766496	.8622062
PT	.2995776	.1017318	2.94	0.003	.100187	.4989682
SK	-.291792	.1393528	-2.09	0.036	-.5649185	-.0186656
SL	-.5991373	.2155189	-2.78	0.005	-1.021547	-.176728
_cons	-1.443874	1.289626	-1.12	0.263	-3.971495	1.083747
sigma_u	0					
sigma_e	.05673462					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

Appendice E. regressione modello 4, STATA

```
. xtreg lnghg lnnet_hh lEn_intensity lfossil_q lfeng_1 lmanufac_q lRenewable_q, fe vce (cluster C_id)
```

```
Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =      260
Group variable: C_id                  Number of groups =      20
```

```
R-squared:                            Obs per group:
    Within = 0.6485                      min =      13
    Between = 0.9564                     avg =     13.0
    Overall = 0.9543                     max =      13
```

```
corr(u_i, Xb) = 0.8721                  F(6,19)         =     52.40
                                      Prob > F          =     0.0000
```

(Std. err. adjusted for 20 clusters in C_id)

lnghg	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
lnnet_hh	-.0434122	.0873106	-0.50	0.625	-.2261554	.1393309
lEn_intensity	.2247449	.111273	2.02	0.058	-.0081523	.457642
lfossil_q	.5459738	.2012195	2.71	0.014	.1248165	.9671311
lfeng_1	.5366492	.1162288	4.62	0.000	.2933795	.779919
lmanufac_q	.4090986	.0920211	4.45	0.000	.2164961	.601701
lRenewable_q	-.0080579	.0163502	-0.49	0.628	-.0422792	.0261634
_cons	-1.278126	1.22615	-1.04	0.310	-3.844487	1.288234
sigma_u	.66264773					
sigma_e	.05673462					
rho	.99272289	(fraction of variance due to u_i)				

Appendice F. Hausman test, STATA

```
. hausman fixed random
```

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fixed	(B) random		
lEn_intens~y	.2247449	.1315744	.0931705	.0161495
lRenewable_q	-.0080579	-.0251761	.0171182	.0008076
lfossil_q	.5459738	.4525417	.0934322	.0289427
lnnet_hh	-.0434122	-.1113866	.0679744	.0121723
lfeng_1	.5366492	.8299636	-.2933143	.0606559
lmanufac_q	.4090986	.3750556	.0340429	.0068631

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.

B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

```
chi2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
        = 25.00
```

```
Prob > chi2 = 0.0003
```

```
(V_b-V_B is not positive definite)
```

Riferimenti bibliografici

IPCC:2018, Global Warming of 1.5 °c, Summary for Policymakers

IRENA: 2022, WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022.

Commissione Europea sito: 2022, Development of EU ETS (2005-2020).

EEA Report No 13/2021: Trends and projections in Europe 2021EEA Report No 13/2021.

Nicolae Scarlat Matteo Prussi monicapadella: 2022, Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe.

EEA sito: Article"Share of energy consumption from renewable sources in Europe".

Luca Codato: 2020, Accelerazione delle correnti oceaniche: una grave minaccia per il clima globale.

Carbon Brief clear on climate sito: 2021, Met Office: Atmospheric CO2 now hitting 50% higher than pre-industrial levels

IPCC: 2017, IPCC reasons for concern regarding climate change risks

EPA (United states environmental protection agency): 2020, Climate Change Indicators: Climate Forcing

Renee Cho:2014, How Climate Change Is Exacerbating the Spread of Disease

OECD report: 2021, Managing climate risks, facing up to losses and damages

Hannah Ritchie and Max Roser (ourworldindata): 2021, Protected Areas and Conservation

IPCC: 2007, AR4

World Health Organization report: 2021, Quality criteria for health national adaptation plans

T.A., G. Marland, and R.J. Andres. 2009.U.S: 2009, Basics of the Carbon Cycle and the Greenhouse Effect

J. Ernest "Sunny" Breeding, Jr., phd Geophysics: 2015, Natural Causes of Climate Change

European parliament report: 2021, The concept of 'climate refugee' Towards a possible definition

Gazzetta ufficiale dell'unione Europea: DIRETTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

Milan Elkerbout: 2022, Can ets free allocation be used as innovation aid to transform industry?.

Commissione Europea sito: 21.4.2021 COM(2021) 188 final Tassonomia dell'ue, comunicazione societaria sulla sostenibilità, preferenze di sostenibilità e doveri fiduciari: dirigere i finanziamenti verso il Green Deal europe

Commissione Europea sito: 2022, Questions and Answers on the EU Taxonomy Complementary Climate Delegated Act covering certain nuclear and gas activities

Commissione Europea sito: 2022, Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022

Commissione Europea: 2020, Relazione sullo stato dell'unione dell'energia in applicazione del regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'unione dell'energia e dell'azione per il clima Bruxelles, 14.10.2020 COM(2020) 950 final

Eurostat sito: 2022, statistiche energia

Commissione Europea sito: 2022, Fluorinated greenhouse gases

Eurostat sito: 2022, Renewable energy statistics

Eurostat sito: 2022, Glossary:Fossil fuel

Student energy sito: steam methane reforming

IPCC: 2022, AR6 CLIMATE CHANGE 2022

Manfred W. Keil: STATA 10 Tutorial

Oscar Torres-Reyna: 2007, Panel Data Analysis Fixed and Random Effects using Stata

Francesco Fasani: 2022, IPLE - Econometrics Topic 6: Panel Data