



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Economiche e Finanziarie
Curriculum Analista Finanziario

**CARBON CREDIT: ANALISI EMPIRICA DELLE AZIENDE
EUROPEE ADERENTI ALL’EMISSION TRADING**

**CARBON CREDIT: EMPIRICAL ANALYSIS OF THE
EUROPEAN COMPANIES INVOLVED IN EMISSION
TRADING**

Relatore: Chiar.ma

Prof.ssa **Camilla Mazzoli**

Tesi di Laurea di:

Jamilee L. Ccori Ccori

Anno Accademico 2020 – 2021

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO I	8
1. IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	8
1.1. LE ORIGINI ANTROPICHE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....	8
1.1.1. <i>La consapevolezza ambientale</i>	12
1.2. IL GLOBAL WARMING E IL CLIMATE CHANGE	19
1.2.1. <i>Gas serra ed effetto serra</i>	21
1.2.2. <i>Origini e cause dell'effetto serra</i>	26
1.2.3. <i>Il Carbon feedback e i danni ambientali dei cambiamenti climatici</i>	29
1.3. INTERDIPENDENZA FRA ECONOMIA E AMBIENTE	31
1.3.1. <i>Overshoot Day e le risorse limitate</i>	34
1.3.2. <i>Drivers del cambiamento climatico</i>	37
1.4. LE STRATEGIE PER CONTRASTARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	44
1.5. STRUMENTI DEI POLICY MAKER PER LA POLITICA CLIMATICA	49
CAPITOLO II	54
2. CARBON CREDITS MARKETS	54
2.1. IL MERCATO REGOLAMENTATO DEL CARBONIO: IL PROTOCOLLO DI KYOTO	56
2.1.1. <i>I paesi membri</i>	58
2.1.2. <i>Meccanismi di funzionamento previsti dal protocollo di Kyoto</i>	59
2.1.3. <i>Clean Development Mechanism</i>	62
2.1.4. <i>Joint Implementation</i>	64
2.2. L'IMPLEMENTAZIONE DEL PROTOCOLLO DI KYOTO NELL'UNIONE EUROPEA	66
2.2.1. <i>Impegni e i risultati europei post-Kyoto</i>	70
2.3. EMISSION TRADING SYSTEM	74
2.3.1. <i>Il meccanismo Cap-and-trade</i>	78
2.4. IL MERCATO EU-ETS	83
2.4.1. <i>Settori industriali coinvolti</i>	89
2.4.2. <i>Titoli scambiati</i>	91
2.4.3. <i>Allocazioni delle quote: a titolo gratuito e le aste</i>	94
2.4.4. <i>Il trading e la piattaforma, la supervisione e il controllo</i>	101
2.5. VOLUNTARY CARBON MARKET: LA STRUTTURA E GLI STANDARDS	104
CAPITOLO III	114
3. L'EU TAXONOMY	114
3.1. IL GREENWASHING	115
3.2. IL QUADRO NORMATIVO	120
3.3. GREEN TAXONOMY	122
3.4. L'IMPLEMENTAZIONE DELL'EU TAXONOMY	126
CAPITOLO IV	128
4. ANALISI EMPIRICA DEL CARBON TRADING	128
4.1. QUADRO TEORICO: REVISIONE DELLA LETTERATURA E SVILUPPO DELL'IPOTESI	129

4.2.	METODOLOGIA.....	135
4.2.1.	<i>Le variabili.....</i>	135
4.2.2.	<i>Dati e campione.....</i>	139
4.2.3.	<i>Modello di regressione</i>	141
4.3.	RISULTATI EMPIRICI	145
4.3.1.	<i>Statistiche descrittive</i>	145
4.3.2.	<i>Statistiche univariate</i>	147
4.3.3.	<i>Statistiche multivariate</i>	148
4.3.4.	<i>Endogeneità.....</i>	153
4.3.5.	<i>Ulteriori controlli</i>	155
4.4.	DISCUSSIONE DEI RISULTATI	159
	CONCLUSIONE	161
	APPENDICE.....	164
	BIBLIOGRAFIA.....	165

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni si è osservato il continuo aggravarsi delle problematiche relative all'inquinamento climatico, dovute all'aumento delle emissioni di gas serra (GHG) – in prevalenza anidride carbonica (CO₂) – : per tale ragione sono stati adottati strumenti politici efficaci ad arginare e risolvere il problema. In generale, rientrano fra questi strumenti sia misure amministrative che di mercato. Da quando il protocollo di Kyoto è stato proposto nel 1997, sono state introdotte innovazioni volte a ridurre l'impatto ambientale delle attività economiche. Qualsiasi prodotto, processo, innovazione ha attirato l'attenzione mondiale e ha rappresentato una nuova e potenziale misura per mitigare la crescita delle emissioni di carbonio. In questo contesto rientrano il *carbon credit* e, più nello specifico, l'*Emission Trading*. In particolare, lo schema seguito da questi strumenti finanziari si basa su un'impostazione *cap- and-trade*, che stabilisce un mercato di certificati di emissioni, nel tentativo di portare le imprese ad emettere un minor quantitativo di anidride carbonica rispetto alla quota loro assegnata e a comprare i certificati di emissioni dal mercato. L'ETS più noto è l'*EU Emissions Trading System* (EU ETS). Gli investitori hanno accolto con favore l'introduzione di strumenti finanziari, poiché rivelano opportunità di investimento nelle tecnologie *green*. Per capire la potenzialità di tali *tools* è importante analizzare in dettaglio non solo il mercato e il

funzionamento, ma anche le determinanti ad essi annesse. Lo scopo di questo elaborato di tesi sarà quello di:

- analizzare il contesto in cui è nato il mercato del *carbon trading*;
- analizzare il funzionamento e le tipologie del *carbon market*;
- Verificare come lo spostamento normativo dai limiti di emissione ad una tassonomia *green* potrebbe migliorare il *carbon trading*;
- Analizzare se esiste una relazione fra l'*emission trading* e gli investimenti ambientali.

Per comprendere a fondo le motivazioni alla base dell'implementazione di un sistema di scambio di quote di emissione, nel primo capitolo viene presentata una panoramica del contesto mondiale circa il cambiamento climatico e le principali strategie implementabili per contrastarlo, introducendo così anche gli strumenti a disposizione dei *policy maker*.

Nel secondo capitolo, invece, viene analizzato *tot-court* il *carbon markets*, partendo da una rassegna dei principali meccanismi flessibili a livello internazionali del protocollo di Kyoto al più recente accordo di Parigi, fino al funzionamento e alle caratteristiche dell'*European Emission Trading* e del *voluntary market*.

Con il terzo capitolo, si vuole affrontare lo spostamento normativo che passa dalla limitazione delle emissioni emesse nell'ambiente fino alla *green taxonomy*. La prima parte di questo capitolo si sofferma su una pratica indesiderata, il cosiddetto *greenwashing*. Successivamente viene fornita una panoramica della normativa

Green Taxonomy, ponendo l'accento sul funzionamento e sull'implementazione della stessa.

Infine, nell'ultima parte si affronta un'analisi empirica volta a verificare l'esistenza di una correlazione fra il *carbon trading* e gli *environmental investment*: il fine è quello di evidenziare se sono le imprese più virtuose o quelle meno virtuose ad essere più attive nel *carbon markets*, in funzione degli investimenti che attuano nelle tecnologie eco-sostenibili.

CAPITOLO I

1. IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

1.1. Le origini antropiche del cambiamento climatico

La storia della Terra non può essere riassunta in un minuto, bensì in miliardi di anni: dal Big Bang e dalla formazione degli oceani e dell'atmosfera, alla comparsa delle primordiali forme di vita acquatica, dai dinosauri e dallo sviluppo dei primati fino ad arrivare alla nascita e allo sviluppo della società moderna (Doncaster,2021). Nel corso di questo tempo, il Pianeta è sempre stato in continua evoluzione, come anche il suo clima, dove ciclicamente si alternano da sempre lunghi periodi di glaciazione a periodi caldi e aridi. Per quanto le variazioni ambientali-climatiche siano un fenomeno ricorrente - legato all'attività delle macchie solari (Usoskin,2005) o a fattori endogeni¹ (Chelazzi,2013) - nell'ultimo secolo, tuttavia, tali cambiamenti sono stati più repentini e complessi, dovuti per lo più all'impronta dell'uomo. L'uomo, la cui condizione dipende dall'adattamento all'ambiente circostante, è anche l'unico essere vivente ad avere la prerogativa di influenzare l'ecosistema globale a livello spazio-temporale (Steffen et al.,2011). Un simile comportamento potrebbe aver dato l'inizio ad una nuova Era geologica:

¹ Quali sono l'attività tettonica, movimenti delle correnti oceaniche, variazioni dell'orbita terrestre e cambiamenti naturali della composizione atmosferica che modificano il regime climatico.

Antropocene² o “Era dell’uomo”, dove è l’uomo stesso ad intervenire come attore biologico e geologico. Le prime tracce tangibili dell’attività antropologica – ma non sufficienti a confermare l’ingresso nella nuova Era - sono i cambiamenti climatici e l’estinzione di numerose specie di flora e fauna (Möllers,2014). Allo stesso tempo, alcuni segnali, quali la presenza nel sottosuolo di materiali come plastica o particelle di cemento (Zalasiewicz,2008), oppure la radioattività dispersa nei test nucleari (Chaumeau,2012) potrebbero rendere inequivocabile e incontrovertibile l’ingresso in questa nuova epoca. Traspare incertezza in letteratura sull’inizio di questo periodo: alcune scuole di pensiero indicano come punto di partenza gli anni Sessanta, mentre altre vanno ancora più a ritroso nel tempo: quel che è certo è che l’uomo ha interferito sui normali processi biogeochimici del pianeta non solo in epoche recenti. Con la Rivoluzione Agricola³ avvenuta 10.000 anni fa (Chelazzi,2013) si verificò un profondo cambiamento dell’impiego dei suoli, a causa di processi di deforestazione intrapresi dall’*Homo sapiens* con il fine di cambiare le destinazioni d’uso delle superfici - sebbene gli effetti di tali attività ebbero un impatto minore nella biosfera (Harari,2019) -. L’impronta dell’uomo nell’ambiente si è intensificata con la Rivoluzione Industriale del 1760, una

² Rappresenta l’Era successiva all’Olocene, iniziato circa 11mila anni fa. Un termine coniato dal chimico e premio Nobel olandese Paul Crutzen nel 2000, che proviene dal greco *anthropos* e *kainos*, ossia essere umano e recente, ancora in attesa di una conferma da parte dell’Unione Internazionale delle Scienze Geologiche. Già nel 1873 il geologo Stoppani teorizzò per la prima volta che l’uomo aveva “una nuova forza tellurica con potenza e universalità comparabile con le grandi forze del pianeta” e l’aveva già chiamato era antropozoica.

³La prima transizione economica dove l’uomo passa da essere cacciatore e raccoglitore ad essere allevatore e agricoltore.

transizione economica che ha modificato la composizione chimica dell'atmosfera, per mezzo dell'emissione dei gas serra. Le esplosioni atomiche di Hiroshima e Nagasaki del 1945 hanno reso lo scenario irreversibile (Greco,2019). Man mano che ci si avvicina ai giorni nostri, tanto maggiore è la minaccia legata al concretizzarsi di guerre nucleari, epidemie, carestie o eventi estremi naturali: catastrofi terribili per la stessa sopravvivenza dell'uomo.

Per tali ragioni, da un punto di vista scientifico (Schiavon e Zecchin,2007), è stato dimostrato che l'uomo, a partire dal 1750, è stato uno dei fattori determinanti per il riscaldamento del Pianeta, causando un aumento del forzante radiativo⁴ pari a $+1,6\text{Wm}^{-2}$. I *pattern* dei mutamenti climatici odierni sono diversi, a livello spaziotemporale, di quelli verificatesi nel passato. La concentrazione di alteranti atmosferici⁵, ora supera largamente i valori preindustriali. A partire dal 1950, le temperature sulla superficie terrestre sono aumentate in misura maggiore rispetto ad ogni altro periodo interglaciale degli ultimi 2000 anni (Mann et al.,2008) (fig. 1). “Utilizzando termini sportivi, si potrebbe dire che l'atmosfera sia stata esposta al doping, significa che [...] si osservano <<estremi climatici>> più frequentemente che in passato” (McGrath,2021) -. A livello continentale, uno dei cambiamenti di lungo termine già osservati sono state le differenti rotte seguite dalle correnti

⁴Il forzante radiativo misura quanto un fattore influenza il bilancio di energia del sistema terra-atmosfera. Due sono le classificazioni, forzanti radiativi positivi tendono a riscaldare il sistema tramite accumulo di energia nella superficie terrestre e i forzanti negativi tendo ad avere l'effetto opposto. Si esprime in watt su metri quadrati.

⁵ Tra cui anidride carbonica, metano e ossido di azoto.

ventose, responsabili di piogge torrenziali e di intensi cicloni tropicali -vedasi *El Niño*-, di siccità in alcune regioni, dello scioglimento delle calotte artiche e dell'innalzamento del livello del mare (Quin,2013).

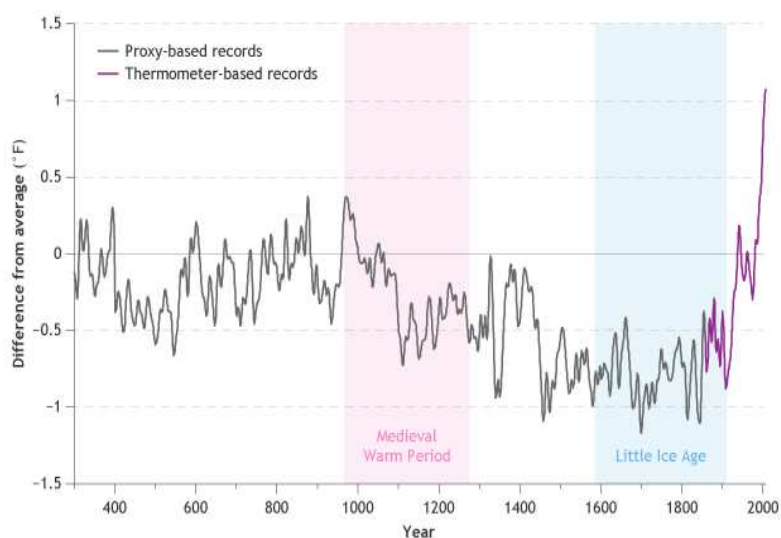


Figura 1. Temperature globali negli ultimi 2000 anni.

Fonte: NOAA Climate Gov

<https://nca2014.globalchange.gov/sites/report/files/images/web-large/Figure-5-hi.jpg>

Anche alla luce degli studi e delle analisi condotte negli ultimi anni, che riconoscono nell'uomo il principale responsabile dei cambiamenti climatici (ISPRA,2019), è possibile affermare con certezza assoluta e scientifica l'esistenza di una correlazione forte⁶ tra gli esseri umani e le variazioni climatiche (Santer et al.,2019). In conclusione, sembra essere inconfutabile il nesso di causa-effetto tra

⁶ È stato stimato che la probabilità che l'uomo non sia il maggior responsabile delle emissioni di gas serra sia di 1/1.000.000.

l'attività umana e il cambiamento ambientale e climatico (Mottl et al.,2021) (Fig.

2)

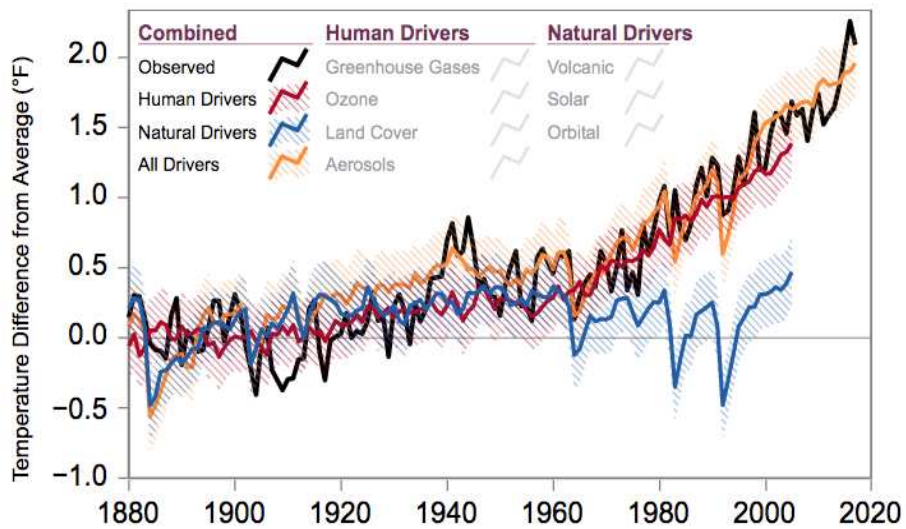


Figura 2. Cause di cambiamenti climatici

Fonte: EPA- U.S. Global Change Research Program, Fourth National Climate Assessment, 2017.
<https://www.epa.gov/climatechange-science/causes-climate-change>

1.1.1. *La consapevolezza ambientale*

Il benessere ambientale è stato sacrificato per permettere all'uomo l'inseguimento di un progresso continuo, sempre più rapido e deleterio, incurante del bioritmo dell'ambiente naturale. I problemi ambientali sono aumentati con una tale forza e frequenza che influenzano la società odierna. Attualmente, si rivolge un'attenzione particolare ai rischi ambientali e a quelli derivanti dal cambiamento

climatico⁷ così da valutarli e contrastarli nel breve periodo in modo efficace e adeguato. Per avere un risultato nel lungo periodo, però, sarebbe utile che l'uomo prenda consapevolezza e riesca a intervenire immediatamente, coinvolgendo le popolazioni e tutte le autorità con l'obiettivo comune: la salute della Terra. Perciò, la questione ambientale deve essere vista sotto molteplici punti di vista come quello politico, ecologico, etico, giuridico, storico e culturale per evitare una molteplice crisi. Il sociologo Beck definisce la società moderna come una "società del rischio" (Beck,2000) perché mira a produrre ricchezza grazie alle trasformazioni tecnologiche ed economiche che lo caratterizzano producendo anche dei rischi, *in primis* ambientali. Non a caso che per lo "sforzo di incrementare la produttività, i rischi sono sempre stati trascurati [...]" (Beck,2000; pp 78-79). Egli ritiene che il rischio ambientale diventi l'orizzonte dove la società industrializzata si muova e che riguarda per lo più una questione di anticipazione della catastrofe nel presente così da evitare che si verifichi nel futuro: un campanello d'allarme per l'uomo che lo pone costantemente in una situazione di incertezza (Beck,2001). Per evitare la catastrofe in futuro e anticipare i disastri, inizialmente si dovrebbe verificare le informazioni che circondano il tema e le conseguenze dei cambiamenti ambientali

⁷Definiti come la probabilità che un certo fenomeno naturale, superata una determinata soglia, produca perdite in termine di vite umane, di proprietà e di capacità produttive; viene espresso in funzione di tre fattori: pericolosità ambientale, vulnerabilità territoriale e valore

Dove per pericolosità si intende probabilità che un determinato fenomeno si verifichi in un certo territorio e in un determinato intervallo di tempo, invece la vulnerabilità territoriale tratta dell'insieme della popolazione, delle infrastrutture e delle attività economiche ect, che può subire danni materiali ed economici e infine con valore si intende il danno che viene prodotto. Definizione presa da Treccani. Leggibile in: <https://www.treccani.it/enciclopedia/rischio-ambientale/>.

sulla società nella sua totalità. Il concetto di questione ambientale, seppur attuale, comparve già in passato. Dopo un lungo e lento processo scientifico e sociale, ha iniziato ad assumere maggior valore a partire dagli anni Sessanta, mentre prima l'ambiente era considerato solo come "contenitore" per l'uomo e per le varie specie vegetali e animali. Non sorprende che le prime associazioni interessate alla salvaguardia e alla conservazione ambientale nacquero in quei Paesi che avevano già raggiunto alti processi di industrializzazione⁸ sebbene l'area di sensibilizzazione e di interesse fosse ancora ridotta. Dal dopoguerra in poi, le tematiche di interesse che riguardavano l'ambiente sono aumentate e divenute quasi centrali: si passa dalla lotta contro la proliferazione delle armi atomiche alle piogge acide, dall'uso nocivo dei pesticidi per l'uomo⁹ all'assottigliarsi della fascia di ozono. I vari disastri ambientali¹⁰ provocati dall'uomo in quegli anni hanno creato un forte impatto sulla percezione sociale. In seguito alla pubblicazione del libro *Silent Spring* del 1962- pilastro del movimento ambientalista moderno- si diede inizio alla più grande presa di coscienza collettiva che l'umanità potesse avere. A tal proposito la biologa statunitense Carson scrisse (Carson,1962; pp.116):

⁸ In Inghilterra in *primis* e in seguito in Germania, Francia, Stati Uniti e poi Olanda e Italia.

⁹ Introdotti con la Rivoluzione Verde che ha aperto le porte a meccanizzazioni agricole, alle monoculture e all'impiego di pesticidi e di genotipi ottenuti con il miglioramento genetico.

¹⁰ Naufragio della petroliera *Exxon-Valdez* oppure la fuoriuscita di petrolio dalla *piattaforma Dos Cuadras Offshore Oil Field* e il disastro di *Černobyl*.

Su zone sempre più vaste del suolo statunitense, la primavera non è ormai più preannunciata dagli uccelli, e le ore del primo mattino [...] appaiono stranamente silenziose. Questa improvvisa scomparsa del cinguettio, questa perdita di colore, di bellezza e di attrattiva che ha colpito il nostro mondo è giunta con passo leggero, subdolo e inavvertito per le comunità che non ne hanno ancora subito i danni.

Da questo momento in poi, la questione ambientale è iniziata a stare sotto i riflettori tanto che anche i governi mondiali inserivano nelle rispettive agende i temi di protezione e tutela degli habitat naturali e ambientali. Nacquero le prime organizzazioni ed eventi¹¹ e venne istituita la Giornata mondiale della Terra - grazie a John McConnell¹² - festeggiata per la prima volta il 21 marzo del 1970 a San Francisco¹³ (Rai News,2021). Un mese dopo, il 22 aprile si tenne il primo *sit-in* ambientale con milioni di persone per protestare contro gli impatti sull'ambiente e sulla salute umana, costituendo l'attuale "Earth Day". Nel 1972 fu organizzata dalle Nazioni Unite la prima Conferenza sull'Ambiente a Stoccolma, ponendo così la prima pietra miliare per lo sviluppo sostenibile globale attraverso la Carta mondiale per la Natura¹⁴ del '82. Sebbene questa "nuova" attenzione ai temi sul degrado

¹¹Come, ad esempio, nel '71 a Vancouver salpò la prima imbarcazione di Greenpeace e l'anno successivo nacque in Australia il primo partito green della storia chiamati Gruppo Tasmania Unita, in Gran Bretagna decolla il Green Party, in Germania volano i "Grünen" e in Italia i Verdi fanno la comparsa solo nel 1985.

¹²È un attivista pacifista ed era interessato all'ecologia: credeva che gli esseri umani abbiano l'obbligo di occuparsi della Terra.

¹³In occasione della quale 36 *leader* mondiali firmarono un proclama per impegnarsi con responsabilità ben definite.

¹⁴È la prima dichiarazione intergovernativa che afferma il rispetto della natura come principio fondamentale di tutela dell'ambiente

ambientale, le azioni di fatto erano poche e maggiori erano le proteste dei movimenti ambientalisti che mossi da una profonda frustrazione per l'uso delle risorse naturali cercava di richiamare l'attenzione del sistema politico-completamente insensibile alle problematiche ambientali (Osti,1998) - per farlo intervenire attivamente sul tema. Solo nel 1988, con l'istituzione dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) da parte del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) e dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) si pose l'obiettivo di analizzare il problema del riscaldamento globale e dell'effetto serra monitorando i potenziali impatti ambientali e socioeconomici attraverso un report pubblicato circa ogni sette anni. Infine, nel 1992 si tenne il Summit sulla Terra a Rio di Janeiro pose le basi per avviare uno sviluppo sostenibile dove poter "soddisfare i bisogni presenti senza compromettere il futuro delle generazioni". Nell'epoca contemporanea, uno dei momenti storici più complessi segnato da crisi sanitarie e finanziarie causati da eventi naturali e climatici anomali che colpiscono con maggior frequenza la Terra nonché pericolose per il benessere dell'uomo, si rimarcano le condizioni insostenibili dei sistemi di produzione e consumo. Oltretutto, l'accostamento di una rete informativa scarsa o assente¹⁵ e la miopia temporale da parte degli individui, hanno fatto sì che il problema crescesse e la percezione sul fenomeno fosse errata con una "quasi

¹⁵ I canali di informazioni e giornali non sempre offrono una piena copertura mediatica riguardante questo tema come risulta dagli studi svolti del *Center for Science and Technology Policy Research*.

assenza” di abitudini e scelte consapevoli in ambito *green* senza il ricorso a misure coercitive, come si vede nella figura 3 e 4. La credibilità della situazione e della crisi climatici è stata migliorata, però, grazie all’aiuto di siti *internet* che la descrivono non solo in modo qualitativo ma anche quantitativo; non sorprende la sensibilità ecologica e la piena consapevolezza da parte numerosi giovanissimi¹⁶. Malgrado le basi scientifiche sul cambiamento climatico, esiste, ancora, una minoranza sparuta che ritiene il contrario: i negazionisti climatici¹⁷ ovvero coloro consapevoli della situazione incontrastabile pensano che sia inutile tentare di combatterla o altri che ritengono un beneficio le alte concentrazioni di CO₂ nell’atmosfera negando la correlazione tra attività antropiche e la crisi climatica. Oggigiorno, le conoscenze e la comprensione sull’ambiente sono ampie e si beneficia di molteplici tecnologie che possono essere d’aiuto per avviare un sistema societario ed economico più sostenibile. Il crescente sostegno pubblico e l’uso di strumenti come il *nudging*¹⁸ aiutano il cambiamento di comportamenti e pratiche da parte di ogni cittadino, può portare il processo di sostenibilità nel lungo periodo entrando nel circolo virtuoso per il miglioramento e accelerando le procedure per

¹⁶Su quest’ottica nascono i *Fridays for Future*, scioperi scolastici per il clima ideato dall’attivista Thunberg.

¹⁷All’interno dei negazionisti un gruppo non omogeneo di ex scienziati, professori, ex politici oppure imprenditori e lobbisti delle industrie “colpiti” dagli investimenti in fonti rinnovabili. Definizione leggibile in: <https://www.rinnovabili.it/ambiente/crisi-climatica-lettera-negazionisti-onu/>.

¹⁸La teoria del *nudging* ovvero “spinte gentili” sono volte a orientare la mente delle persone a prendere certe decisioni. È uno strumento che permette di modificare in meglio il comportamento delle persone in modo prevedibile senza limitare la loro libertà o modificare i loro incentivi. Questo tipo di approccio viene chiamato “paternalismo libertario” ed è stato teorizzato da Richard Thaler (Premio Nobel per l’economia) e Cass Sunstein.

mitigare i rischi ambientali e climatici (Moratti,2020). Il passo successivo è, non soltanto una ristrutturazione degli attuali metodi produttivi, ma un nuovo modo di pensare e di agire.

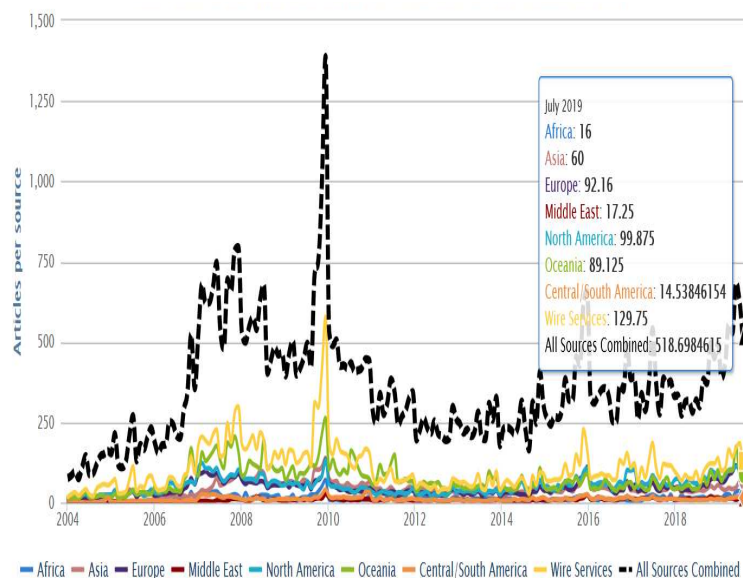


Figura 3. Copertura mediatica sulla tematica dei cambiamenti climatici o del riscaldamento globale tra 2004-2019. Fonte: Center for Science and Technology Policy Research. 2019. <https://ciresblogs.colorado.edu/prometheus/2019/12/05/mecco-monthly-summary-talking-about-climate-change-is-not-an-insult-to-bushfire-victims/>.

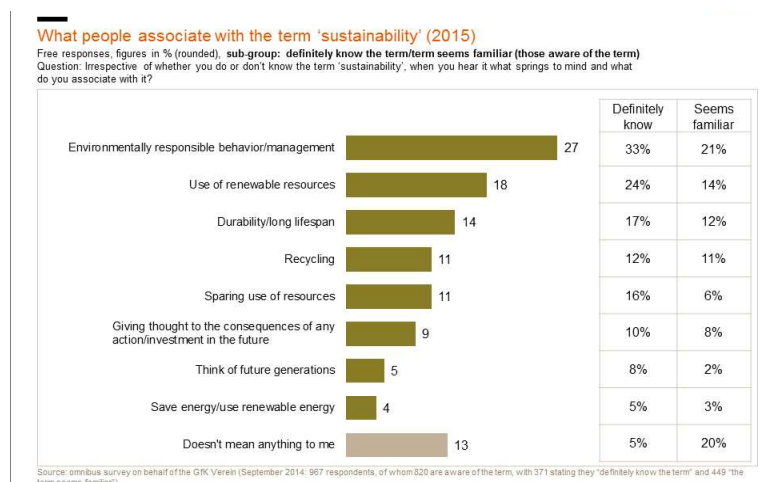


Figura 4. Ciò che le persone associano al termine 'sostenibilità' nel 2015 in Germania. Fonte: Nuremberg Institute for Market Decision. 2015. <https://www.nim.org/en/compact/focustopics/sustainability-awareness>

1.2. Il Global warming e il climate change

Il riscaldamento globale e il cambiamento climatico spesso sono considerati due sinonimi, ma hanno due significati ben diversi. Il primo termine definisce un fenomeno caratterizzato da un crescente e irreversibile aumento della temperatura media globale nel lungo periodo che va dall'epoca preindustriale del XVIII secolo e tutt'ora in corso. Le principali cause sono tutte quelle attività umane che aumentano le emissioni di anidride carbonica e di altri gas serra nell'atmosfera dovuti per lo più all'uso dei combustibili fossili. Secondo studi del 2020 della NASA, si stima che dal 1750 la temperatura sia aumentata in media di 1,2°C con un incremento dello 0,2°C per decennio (NASA,2021) come si vede nella figura 5.

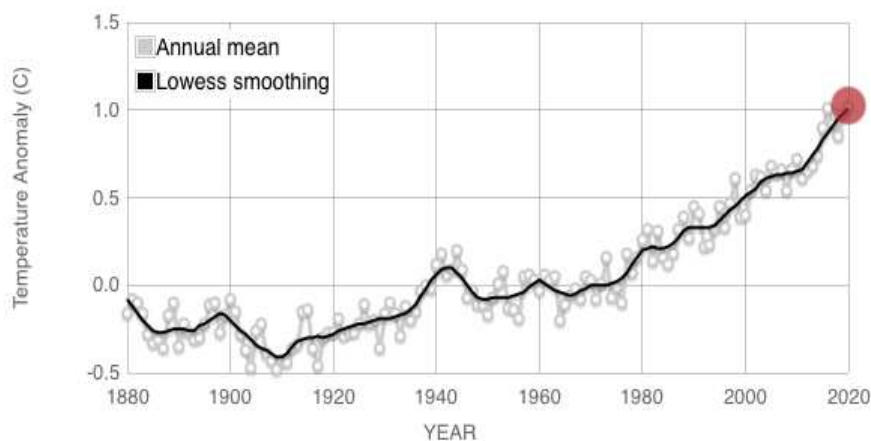


Figura 5. Temperatura globale
Fonte: NASA/GISS.2020
<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

Dall'altra parte, il cambiamento climatico definisce tutte le variazioni meteorologiche della Terra nel lungo periodo nonché il riscaldamento globale e i

fenomeni collaterali quali eventi estremi, scioglimento dei ghiacciai e ancora innalzamento del livello del mare. Queste variazioni sono dovute alle attività antropiche oltre che agli eventi naturali come le ere glaciali e periodi interglaciali. Le variazioni estreme e disastri climatici che si osservano dagli inizi del XX secolo sono dovute principalmente a causa dell'uomo che tramite la deforestazione, gli allevamenti intensivi e per lo più con la combustione di carbone, petrolio e gas aumentano la temperatura superficiale della Terra (Broecker,1975). Nonostante le differenze, i due termini riguardano lo stesso fenomeno che va a impattare l'atmosfera e quindi il clima sulla Terra. I gas serra contenuti nell'atmosfera vanno ad impattare il bilancio energetico del Pianeta: l'attuale elevata concentrazione di gas serra nella storia umana fa sì che si verifichi uno squilibrio fra energia termica assorbita che proviene dal Sole ed energia che viene riemessa o ributtata indietro; dunque, si viene a creare eccessivo accumulo di energia in eccesso sul pianeta. Non ci sono dubbi che l'aumento di livelli di gas climalteranti provoca come risposta che la Terra si surriscaldi: i dati mostrano che la densità delle particelle di diossido di carbonio nell'atmosfera sia aumentato negli ultimi 100 anni a tal punto che nel 2018 si sia raggiunto una concentrazione media di 409 ppm (Loeb,2021).

1.2.1. Gas serra ed effetto serra

L'effetto serra come tale è un fenomeno naturale prodotto dal processo di assorbimento di luce solare ed emissione di radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre (Apadula e Negri,2008) e in assenza di questo non si sarebbe verificato l'attuale ecosistema terrestre adatto per vita. Se non esistesse l'effetto serra naturale, la temperatura media del Pianeta si aggirerebbe intorno al -20°C , ma con tale effetto la temperatura di equilibrio è intorno a 15°C . Una fluttuazione nel bilancio radioattivo ed energetico comporta con sé una variazione nella temperatura terrestre globale (Schiavon e Zecchin,2007), in altre parole le radiazioni vengono assorbite e rimesse in tutte le direzioni dell'atmosfera proprio come una serra di vetro. L'effetto serra "maligno" è possibile per la composizione chimica e la presenza di alcuni gas nell'atmosfera, detti gas serra (*greenhouse gases*). Alcuni gas hanno un'elevata capacità di assorbire le radiazioni o esistono in una maggior presenza, mentre altri hanno capacità inferiori o si verificano in tracce minori; ovvero esistono due categorie di gas serra: una di origine naturale e una di origine antropica. I principali gas serra sono il vapore acqueo (H_2O), l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4), l'ossido di diazoto (N_2O), l'ozono(O_3) e gas idrocarburi alogenati (*Halocarbons*) (Schiavon e Zecchin,2007) che tra l'altro sono presenti in natura ma in concentrazioni limitate e tuttavia le attività dell'uomo ne hanno aumentato la quantità in modo più che esponenziale.

- Il vapore acqueo (H₂O), è il gas presente in natura in maniera abbondante (M. Mann,2021) e contribuisce all'effetto serra naturale per i 2/3. Inoltre, non è prodotto dalle attività dell'uomo, ma è parte del ciclo idrologico della terra e della temperatura dell'aria.
- L'anidride carbonica (CO₂), è il gas serra principale presente nell'atmosfera. È in parte prodotto dalle risorse naturali come nelle attività vulcaniche, nella decomposizione di materia organica e la respirazione da parte degli organismi che utilizzano ossigeno, ma è anche emesso dalle attività umane, per 80% nei paesi industrializzati. La concentrazione di carbonio può essere bilanciata da un processo biochimico, chiamato ciclo del carbonio che attraverso dei "pozzi" o contenitori (detti *sinks*) rimuove il CO₂ dall'atmosfera, fungendo da *buffer* contro un aumento delle temperature. Principalmente, esiste un continuo scambio del suddetto gas tra l'atmosfera, la geosfera (dove i combustibili fossili come petrolio, gas o carbone sono ricchi in carbonio), negli oceani ed attraverso la biosfera terrestre (vegetazione e regno animale) (M. Mann,2021). Ad esempio, le piante e la vegetazione marina tramite la fotosintesi assorbono CO₂. Al contrario, le attività umane aumentano i livelli nell'atmosfera di CO₂ attraverso l'uso di combustibili fossili, la produzione di cemento o la deforestazione. Il bollettino (World Meteorological Organization,2021) dell'OMM, tabella 1, mostra come i livelli di concentrazione di anidride carbonica sono arrivati a 149% del livello preindustriale, quando le attività iniziarono a modificare il sistema naturale. Il

Covid-19 ha rallentato in modo temporaneo le emissioni ma non si è verificato un calo effettivo.

	Carbon dioxide (CO₂)	Methane (CH₄)
Pre-industrial levels (1750)	280 ppm	700 ppb
Global abundance 2020	413.2±0.2 ppm	1889±2ppb
2020 Abundance relative to 1750	149%	262%
2019-20 Absolute increase	2.5 ppm	11 ppb
2019-20 Relative increase	0.61%	0,59%
Mean absolute increase during last 10 years	2.40 ppm yr ¹	8.0 ppb yr ¹

Tabella 1. Global annual abundance of CO₂, CH₄
Fonte: World Metereological Organization Report November 2020.

Le emissioni antropogeniche di anidride carbonica rilasciate nel 2020 sono circa trentacinque miliardi di tonnellate (Andrew e Peters,2020). Gas come il CO₂ persistono nell'atmosfera e negli oceani per secoli anche se le emissioni si riducono allo zero, portando al mantenimento delle temperature elevate e al verificarsi degli eventi meteorologici estremi. Molto importante è il forzante radiativo, strumento utile per misurare l'influenza di un gas serra sull'atmosfera e l'effetto di riscaldamento sul nostro clima, aumentato del 47%, con 80% rappresentato dal diossido di carbonio. Con l'intensificarsi dell'aumento della siccità, incendi

boschivi e alluvioni e acidificazione della flora marina, l'ecosistema terrestre e gli oceani diventano meno efficienti nella capacità di assorbire il CO₂ (WMO,2021).

- Il metano (CH₄), è il secondo gas inquinante dell'atmosfera ed è ancora più potente della CO₂ perché il forzante radiativo è maggiore. Tuttavia, la concentrazione di questo gas è inferiore e resiste nell'atmosfera per circa un decennio appartenendo alla categoria *LLGHGs (long-lived greenhouse gases)*. Rappresenta circa il 18% del riscaldamento globale e come il CO₂ è generata da due fonti; naturali per circa il 40% (terreni umidi e acquitrinosi) e per il 60% da fonti antropiche (estrazione mineraria, allevamento del bestiame, coltivazione del riso e la creazione delle discariche) (WMO,2021). L'aumento di questo gas è ben sopra i livelli naturali e superiore al tasso medio annuo dell'ultimo decennio, come evidenziato dalla tabella 1, nel 2020 il metano ha superato del 262% il livello del 1750.

- L'ossido di diazoto (N₂O), è il terzo gas per ordine di importanza (M. Mann,2021) e contribuisce al forzante radiativo al 6%. Le cause sono di tipo naturale per un 60% rilasciato dagli oceani e foreste pluviali e per il 40% a cause antropiche attraverso il trattamento delle biomasse e uso di fertilizzanti. Tuttavia, ha un inferiore concentrazione nell'atmosfera, ma così come il metano assorbe il calore in maniera superiore all'anidride carbonica. Questo gas riduce enormemente lo strato di ozono, il quale protegge la Terra dai raggi ultravioletti del sole.

- *Halocarbons*, sono gas serra prodotti dall'attività industriali e la loro emissione è avvenuta per lo più nel XX secolo. Rientrano nella categoria di *LLGHGs*. I principali sono HFC Idrocarburi, utilizzati negli impianti refrigeranti e SF₆ Esafluoro di zolfo, utilizzato nell'industria chimica e nelle apparecchiature ad alta tensione e incidono sull'effetto serra per circa 2,5% (M. Mann,2021).

In conclusione, con il Protocollo di Kyoto¹⁹ del 1997 si regolamenteranno le emissioni dei gas inquinanti che derivano da attività umane considerati dannosi per l'ambiente, dove rientrano i gas appena elencati, focalizzandosi sul surriscaldamento globale con l'obbligo da parte dei Paesi firmatari di ridurre tali emissioni con l'introduzione di sanzioni.

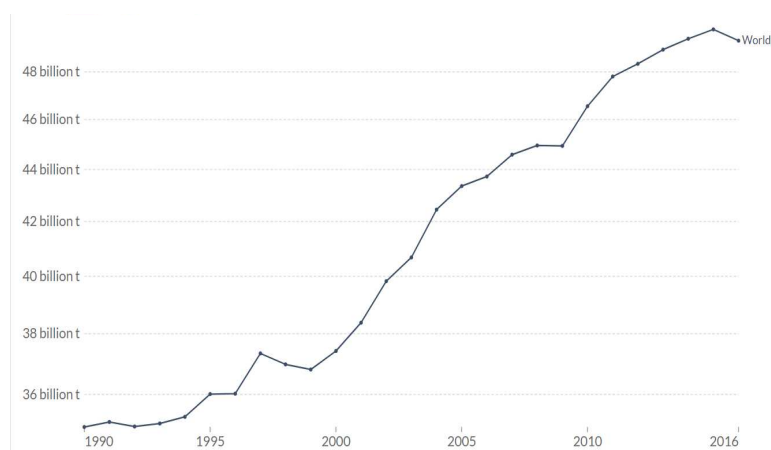


Figura 6. Emissioni log totali di gas serra nel mondo nel 2016

Fonte: CAIT Climate Data Explore via Climate Watch, in "Our World In Data"

https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions?tab=chart&yScale=log&country=~OWID_WRL

¹⁹ È un trattato internazionale che si occupa di ambiente ed è stato sottoscritto l'11 dicembre 1997 durante la Conferenza delle Parti (COP23), è stato firmato da più di 160 Paesi ed è entrato in vigore solo nel 2005 dopo la ratifica della Russia. A oggi, i Paesi aderenti sono 176 e contribuiscono al 63,7% alle emissioni globali.

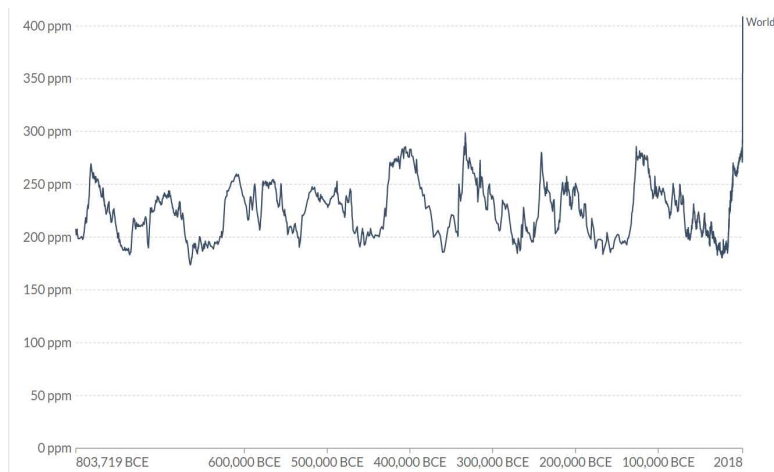


Figura 7. Concentrazione di CO2 nell'atmosfera globale nel lungo termine, misurata in parti per milione (ppm)
 Fonte: NOAA/ESRL(2018), EPICA Dome CO2 (2015), in " Our World in Data"
<https://ourworldindata.org/grapher/co2-concentration-long-term>

1.2.2. Origini e cause dell'effetto serra

La composizione dell'atmosfera nel corso della vita della Terra si è alterata notevolmente a causa di innumerevoli fattori. Come si è sottolineato in precedenza, l'effetto serra, pur causato da fattori naturali e biologici, è in larga parte dovuto all'attività umana, come dimostrano i quasi 50 miliardi di tonnellate di gas serra prodotti ogni anno (Roston,2019). Il principale responsabile è il settore energetico che emette quasi tre quarti delle emissioni (73,2% dell'emissioni globali), in dettaglio: vede una posizione di *leadership* il consumo di elettricità nell'industria è del 24,2% (dove il settore del ferro e acciaio è uno nei maggiori emettitori), seguito poi dal settore dei trasporti che è responsabili del 16,2% delle emissioni globali di gas serra (il problema più grave è posto dal trasporto su strada che producono circa tre quarti delle emissioni generata dai trasporti) (Mengpin,2021). Una buona quota

dell'energia viene consumata dalle costruzioni dalle sempre crescenti aree urbane (intesi come edifici abitativi e commerciali) e che raggiungono il 17,5% delle emissioni consumi (Salvioli,2020). Circa un quinto (19%) delle emissioni di gas serra provengono dal settore dell'agricoltura, che comprende anche il sistema alimentare tra lavorazione, confezionamento, trasporto e vendita al dettaglio, e dall'uso del suolo dovuto ad alta quota di deforestazione in paesi come il Brasile e l'Indonesia; e il restante 8% proviene dai processi industriali diretti – perlopiù dall'industria cementiera e petrolchimica – e dai rifiuti (Ritchie e Roser,2020). È opportuno sottolineare la disuguaglianza nelle emissioni prodotte nelle varie aree geografiche. I paesi produttori di petrolio, dove al primo posto troviamo quelli del Medio Oriente come Qatar e Trinidad (con 49 e 30 tonnellate per persona nel 2017) sono i principali emettitori di gas serra nel mondo. Agli inizi del 900', oltre il 90% delle emissioni era da imputare all'Europa e agli Stati Uniti (Ritchie e Roser,2020), ma già nella seconda metà del secolo scorso le emissioni globali provenienti dall'Asia e, in particolare, dalla Cina sono raddoppiate velocemente, con quasi 10 miliardi di tonnellate ogni anno, sostenute dalla repentina crescita economica. Solo dal 2015, l'Oceania e, in particolare l'Australia ha avuto un aumento dell'impronta di carbonio dovuto all'*export* di carbone e combustibili fossili, raggiungendo il 5% della CO₂ immessa nell'atmosfera (Parra e Hare,2020). Attualmente, gli Stati Uniti sono il secondo paese per emissioni (18%), considerando anche il Canada. Infine, l'Europa ha contribuito, nel 2020, al 17% del totale, seguiti da India e Russia.

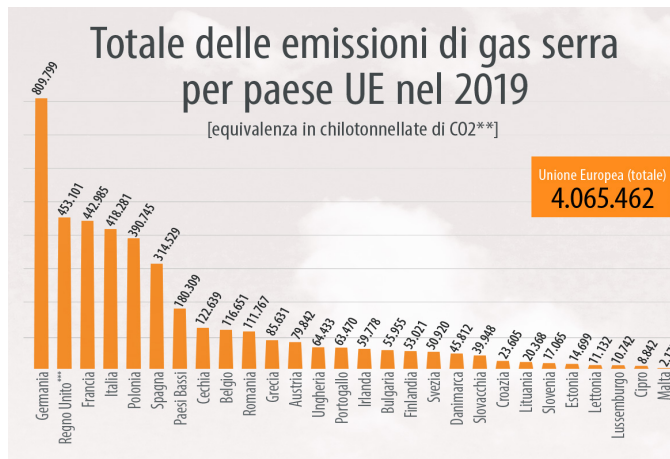
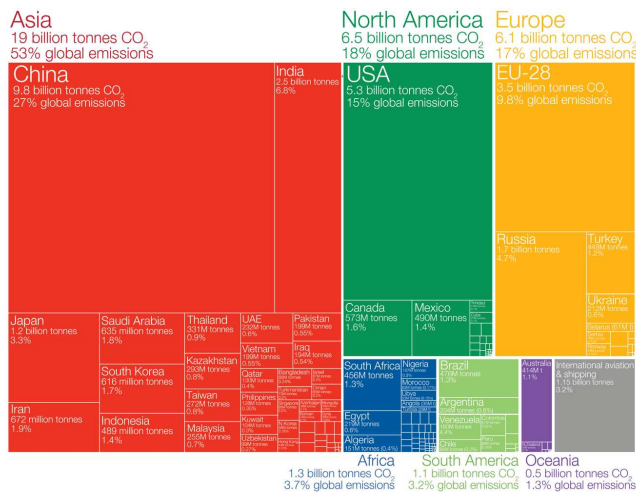


Figura 9 e 10. Chi emette più CO2? Nella prima immagine a sinistra, un panorama globale nel 2017. Fonte: Global Carbon Project (GCP) <https://ourworldindata.org/co2-emissions?country>. Nella seconda immagine a destra, un quadro europeo nel 2019. Fonte: Convenzione delle Nazioni Unite sui Cambi Climatici.



ppm di anidride carbonica (Xu et al.; 2018) -. I cambiamenti influenzeranno ogni angolo della Terra, in diversi modi e in diversa natura. Questi eventi estremi porterebbero a delle criticità per l'agricoltura e per il benessere dell'individuo. Si prevede un'ulteriore diminuzione della disponibilità di acqua dolce: oltre il 40% della popolazione mondiale avrà difficoltà ad accedere a fonti d'acqua potabile. Se la popolazione aumentasse da 7 miliardi attuali ai 9 miliardi, aumenterebbe la scarsità delle risorse, in termini di energia e cibo (IPCC,2021). È probabile che con il costante cambiamento climatico, aumenteranno le inondazioni in regioni ad alte latitudini, nonché la siccità in altre. Si andrebbe a verificare un più ampio scioglimento dei ghiacciai, portando all'innalzamento del livello del mare (IPCC,2021). L'inquinamento e il riscaldamento della Terra potrebbe causare la perdita di alcuni ecosistemi, rendendo aride circa il 30% delle superfici terrestri: Asia occidentale, Mediterraneo, Africa meridionale, Australia interna e Sud-ovest degli Stati Uniti diventerebbero inospitali (Marro,2019). In aggiunta, anche il sistema marino subirebbe drastici cambiamenti, come il declino della produttività della oceanica e della pesca, la modifica della composizione chimica dell'oceano e gli spostamenti di alcune specie a latitudini più elevate. Si prevede, insieme agli eventi meteorologici estremi anche la proliferazione di specie invasive, quali parassiti e malattie. A ciò va aggiunto che l'inquinamento atmosferico diventerebbe la principale causa ambientale di mortalità prematura, causando un significativo invecchiamento della popolazione: si avrebbero circa un miliardo "di profughi

climatici” (Spratt e Dunlop,2019).La probabilità di sopravvivenza dell’uomo dipende anche dalla quantità di energia usata. Negli anni a venire, con una società con caratteristiche simili a quelle odierne, si avrà bisogno dell’80% in più di energia: un livello non sufficiente facendo ricorso ai soli combustibili fossili. Il quadro energetico globale, qualora restasse invariato: avrebbe i paesi dipendenti da carbone e gas intorno al 85% con una quota circa al 10% da fonti rinnovabili (OECD,2012). Inoltre, con il cambio di abitudini alimentari ci potrebbe essere una necessita di espandere i terreni agricoli, benché ad un ritmo inferiore, con un calo pari a un quinto della produzione alimentare e del contenuto nutrizionale dovuto all’aumento delle condizioni estreme (Ism,2017). La produzione di cibo, quindi, sarebbe inadeguata e si creerebbero guerre e carestie. Questi scenari rappresentano un quadro generale della situazione che l’umanità dovrà affrontare qualora non venissero recepiti in modo tempestivo i segnali inequivocabili che la Terra le sta inviando.

1.3. Interdipendenza fra Economia e Ambiente

La crisi ambientale ha spinto i Paesi del mondo ad affrontare un problema comune, che rappresenta una minaccia per le generazioni future: questo richiede alla società e a suoi cittadini un maggior sostegno, sensibilizzazione e consapevolezza (Howart e Norgaard,1995). L’uomo si trova davanti ad un *codice rosso* e gli interrogativi per iniziare il processo di svolta si concentrano su come

affrontare tali problematiche e sul perché esista una relazione con l'economia. L'economia²⁰ è una disciplina che studia e gestisce l'*oikos*, cioè la casa o ambiente e le relative risorse; di fatto esiste un rapporto stretto con la natura. L'attività economica è circoscritta all'interno dell'ambiente naturale e questo fa sì che esista un'interdipendenza ed interconnessione tra i due elementi: da un lato, il sistema economico agisce sull'ambiente, dall'altra l'ambiente stesso pone dei vincoli all'espansione del sistema economico (Musu,2017). La società è chiamata ad un *trade off*: sfruttare l'ambiente per perseguire l'interesse economico o preservarlo per migliorare la qualità e gli standard di vita. L'ambiente e la natura sono risorse economiche e come tali sono anche limitate ed esauribili. Già nelle teorie della scuola classica, come quella degli economisti inglesi Thomas Malthus e David Ricardo, i vincoli ambientali venivano contrapposti alla crescita della società. Il primo affermava che “la popolazione, quando non controllata, aumenta in un rapporto geometrico, mentre la sussistenza solo in un rapporto aritmetico” (Malthus,2013): questo avrebbe portato al collasso del sistema, in quanto la crescita demografica sarebbe risultata superiore alle terre fertili e coltivabili. Anche Ricardo raggiunse una conclusione analoga, pur con punti di partenza differenti. Il rendimento decrescente dell'agricoltura è da imputare alla qualità delle terre

²⁰Una delle prime definizioni proveniva dall'epoca aristotelica, è una parola composta che deriva dal greco *oikos* che significa casa, beni di famiglia e *nomos* cioè norma o legge; gestione della casa. Secondo l'economista Raymond Barre(1959) l'economia è la scienza della gestione delle risorse scarse, questa disciplina analizza e spiega le modalità secondo le quali un individuo o una società destinano mezzi limitati come le risorse naturali alla soddisfazione di esigenze molteplici e illimitate.

disponibili: la società passa coltivazione di terre sempre meno fertili e redditizie, frenando la crescita della popolazione (Ricardo,1817). Nell'Ottocento non prevalsero tali visioni pessimistiche, bensì quelle ottimistiche, che vedevano una crescita illimitata dell'uomo, almeno nel breve periodo. Il concetto di limite venne compreso solo nel corso del XX secolo, quando furono tangibili le conseguenze ambientali e si cominciò a parlare di economia ambientale. L'economia ambientale, nata negli anni Sessanta come ramo dell'economia, riconosce il sistema economia-ambiente, i cui vincoli vengono stabiliti dalle leggi della termodinamica²¹. All'interno di questo sistema non vi possono essere "cambiamenti che non influenzino l'altro. Nessuna decisione economica può essere presa senza influire sugli ambienti naturali e costruiti. Non possono verificarsi cambiamenti ambientali che non abbiano impatto economico" (Pearce e Turner,1993). Questa disciplina, divenuta oggi sempre più rilevante anche alla luce della crescente attenzione al degrado ambientale, cerca di valutare e gestire gli aspetti economici dei problemi ambientali che richiedono l'impiego di risorse economiche ingenti sia nella risoluzione sia nella prevenzione di tali problemi. Dallo stesso contesto nacque anche l'economia ecologica, un settore multidisciplinare che considera l'attività

²¹ La prima legge della termodinamica riguarda la conservazione della materia e afferma che non può essere né aumentata né distrutta ma solo trasformata, cioè il processo economico non può che trasformare la materia estratta dall'ambiente e restituire all'ambiente la materia sotto forma di rifiuti. Nella seconda legge della termodinamica si afferma che ogni trasformazione energetica fa sì che una parte dell'energia si disperda in una forma non più utilizzabile. Un esempio di quest'ultima legge lo si vede dalla dispersione di energia nel motore di un'automobile.

economica come un sottoinsieme dell'ecologia²² e dell'ecosistema. Tuttavia, essa presenta una significativa differenza rispetto all'economia ambientale, in quanto cerca di individuare *ex ante* le strategie da seguire per preservare le risorse naturali, limitando l'impatto delle attività economiche, piuttosto che una strategia *ex post*, di gestione degli impatti ambientali (Di Giovinazzo,2021). Ciò che importa realmente non è tanto il differente approccio al problema quanto la presentazione di strumenti essenziali per l'analisi (Nebbia,1973): l'imparare a gestire il pianeta e le risorse naturali con attenzione sia economica che ecologica, considerando con cautela i danni ambientali e gli effetti negativi nelle attività umane.

1.3.1. Overshoot Day e le risorse limitate

La gestione della crisi ambientale può implicare una riduzione della crescita economica: sulla base di tale concetto, nel 1972 il Club di Roma la proposta di porre dei "limiti allo sviluppo" e di denunciare l'insostenibilità del modello attuale di società, avanzata nel 1972 dal Club di Roma²³. Questa iniziativa fece seguito alle indagini condotte dal Massachusetts Institute of Technology (MIT). Nel *report* prodotto dall'università americana furono presentati la precaria condizione dell'umanità in virtù dei limiti strutturali imposti del Pianeta e gli elevati livelli di

²²Definita da Ernst Haeckel (1866) come studio delle relazioni fra organismi vegetali e animali e l'ambiente in cui essi vivono.

²³Il Club di Roma è un gruppo internazionale di personalità del mondo scientifico, economico e industriale preoccupati della crescente minaccia per il genere umano

crescita economica, conseguiti a scapito dello sfruttamento delle risorse naturali (Meadows,1972). Un orientamento *neo-malthusiano* che dimostrava, tramite una simulazione, l'insostenibilità dello sviluppo di lungo periodo. Allo stesso tempo una soluzione fu individuata nel mantenere uno stato stazionario del sistema economico o quantomeno nell'eventuale riduzione dei livelli di attività, poiché le conseguenze causate dalla crescita demografica della popolazione mondiale sull'ecosistema e sulle riserve naturali sarebbero state disastrose (Meadows,1972).

L'ambiente in sé costituisce una base di risorse naturali per il funzionamento del sistema economico. Le risorse naturali che si presentano sotto forma di materia prima, come i minerali e i combustibili fossili, caratterizzate da una disponibilità decrescente, vengono definite risorse naturali esauribili. Esistono altre risorse naturali, quali l'aria, l'acqua, le foreste e gli animali, che possiedono una capacità intrinseca di rigenerarsi grazie ai cicli naturali, e per questo sono definite risorse ambientali rigenerabili. Per la prima tipologia, c'è solo la possibilità di ritardare l'esaurimento completo, mentre per la seconda si hanno due scenari; se lo sfruttamento di queste risorse è inferiore o uguale alla disponibilità, allora, lo stock si rigenererà oppure sarà tenuto costante nel corso del tempo – uno stock definito sostenibile –. Viceversa, se il ricorso a tali risorse supera il flusso di ricreazione naturale, lo stock è destinato ad esaurirsi entro breve (Musu,2017; pp.15). Un'allocazione sostenibile delle risorse nel breve termine implica un minor “peso ecologico” alle generazioni future. In caso contrario, il conflitto non soltanto

fra sfruttamento e conservazione, ma anche di tipo generazionale. Tali conflitti sono rilevanti anche dal punto di vista economico, in quanto l'ambiente è importante per le funzioni economiche non solo come bene utile per i cicli produttivi, ma anche perché fornisce un valore di godimento e un valore d'esistenza. La preservazione dell'ambiente può essere fonte ricreativa, di godimento estetico o culturale oppure un semplice valore in sé; in questo ultimo caso si dà valore alla semplice esistenza di un ambiente naturale o di una specie (Musu,2017; pp.17).

Se l'impronta ecologica²⁴- intesa come sfruttamento delle risorse- supera la biocapacità di rigenerare le risorse ecologiche, l'umanità presenta *deficit* di spesa ecologica e deve attingere alle riserve. Per monitorare ogni anno la situazione, viene calcolato la data dell'*Earth Overshoot Day*²⁵, cioè la data "ipotetica" entro cui l'umanità esaurisce il *budget* naturale. In particolare, si considera l'impronta ecologica dell'uomo tenendo in considerazione quattro fattori che determinano la domanda di risorse di un Paese: l'urbanizzazione e l'edificazione, le modalità d'uso di energia, la *food policy* e la *size* della popolazione (Global Footprint Network,2021). Ad oggi, la Terra impiegherebbe un anno e otto mesi per ripristinare il sistema ecologico ogni anno, mentre l'umanità avrebbe utilizzato il 75% del budget biologico nel 2019 (Wackernagel e Beyers,2014). Così come un bilancio nazionale- che fotografa la situazione economica e finanziaria di un Paese-

²⁴ È l'unica metrica che misura quanta natura abbiamo e quanta natura usiamo.

²⁵ Si calcola dividendo la quantità di risorse naturali che il Pianeta Terra è in grado di generare per quel determinato anno per la domanda di risorse della popolazione globale, moltiplicando per 365.

il bilancio ecologico²⁶ ha la stessa funzione, ma va ben oltre il semplice indicatore ecologico: difatti, potrebbe diventare uno strumento decisivo per ribaltare la situazione, usando innovazioni tecnologiche create dall'uomo, così da ridurre i danni ambientali e creare un mondo sostenibile.

1.3.2. Drivers del cambiamento climatico

In generale, i fattori che determinano e guidano le emissioni globali sono molteplici e che contribuiscono - direttamente o indirettamente - alle emissioni di GHG. Ecco perché, non esiste un metodo puntuale per determinare in modo oggettivo specifici *drivers*, perché tra di essi esistono delle interconnessioni. Ciononostante, la letteratura ne ha identificati alcuni: la crescita della popolazione (Ehrlich e Holdren,1971;O'Neil et al.;2010), la crescita economica (Grossman e Krueger,1994; Arrow et al.,1996; Lim et al.;2009;Blodgett e Parker,2010), il consumo energetico (Wier,1998; Malla 2009;Bolla e Pendolovska,2011), il commercio internazionale (Weber e Matthews, 2007;Peters e Hertwich,2008;Li e Hewitt,2008;Yunfeng e Laike,2010; Jakob e Marschinski,2013), cambi strutturali economici (Nansai et al.,2009; Suh,2021) e il consumo (Morioka e Yoshida,1995; (Munksgaard et al.,2001; Wier et al.,2001; Hertwich e Peters,2009). Ovviamente,

²⁶Dal lato della domanda, si considera tutte le risorse ecologiche che una data popolazione, persona o prodotto richiede per produrre le risorse naturali che consuma e per assorbire i rifiuti, in particolar modo le emissioni di carbonio. Dal lato dell'offerta, la biocapacità di una città, di uno stato o nazione rappresenta la produttività delle sue risorse ecologiche.

l'identificazione dei *drivers* è utile per ridurre le emissioni di gas serra e per contrastare l'inerzia che caratterizza il comportamento dell'uomo sul tema dei cambiamenti climatici. Per determinare il livello delle emissioni di gas serra, si utilizza una particolare equazione, detta '*Kaya Identity*' (Kaya et al.,1997; Yamaji et al.,1993), un caso particolare di un'equazione più generale di *IPAT Identity*²⁷. La formalizzazione di tale identità è:

$$Tot\ emissioni\ CO_2 = Pop * \frac{PIL}{Pop} * \frac{Energia}{PIL} * \frac{CO_2}{Energia}$$

A sinistra dell'equazione (Tot emissioni CO₂), si ottiene il livello globale di emissioni gas serra generato in un anno da un Paese. Il primo fattore a destra del segno di uguaglianza (Pop) è rappresentato dalla popolazione cioè numero abitanti in un Paese. Segue la moltiplicazione con il reddito o produzione pro capite (PIL/Pop), ovvero il rapporto fra PIL di una nazione e la sua popolazione. Questo fattore indica il livello di benessere di un paese e quindi la ricchezza media annua per ogni singolo abitante: in aggiunta, si può evidenziare anche la relazione diretta tra la ricchezza di una persona e le emissioni di anidride carbonica. Infine, gli ultimi due fattori non sono altro che la tecnologia, un fattore più generale che indica le emissioni di CO₂ per unità di PIL. Vi è l'intensità energetica (E/PIL), ossia il

²⁷ IPAT è una notazione matematica di una formula proposta per descrivere l'impatto dell'attività umana sull'ambiente. L'espressione identifica l'impatto umano sull'ambiente in funzione di tre fattori: popolazione (P), benessere (A) e tecnologia (T). È simile nella forma all'identità Kaya che si applica specificamente alle emissioni di anidride carbonica, un gas serra.

rapporto fra consumi totali di energia e il PIL. Per cui, il rapporto determina la quantità di energia usata per produrre un'unità di beni e servizi prodotti da un paese. Segue la moltiplicazione per l'ultimo fattore (CO_2/E), l'intensità di carbonio, dato dal rapporto fra le emissioni di anidride carbonica e i consumi totali di energia. Pertanto, si considera l'intensità emissiva di CO_2 per unità di energia utilizzata. In sintesi, l'identità illustra il bivio in cui la società di oggi si trova, cioè a dire che con una crescita sia della popolazione globale, ma anche della produzione economica, le emissioni complessive aumenterebbero, a meno che si riduca l'intensità energetica e/o l'intensità di carbonio. Infatti, minore è l'intensità di carbonio e quella energetica, maggiore sarà il valor aggiunto creato dalle aziende anche in termini di benefici finanziari, proprio perché si riduce l'uso di input energetici (Feron,2016). Nel complesso il fattore popolazione e PIL pro-capite sono aumentati nel tempo, ma i miglioramenti dei mix energetici non hanno tenuto il passo, portando un aumento dell'emissioni CO_2 globali. Un esempio lampante è l'Asia, nello specifico la Cina.

Con il tempo i fattori che influenzano le emissioni di gas serra sono cambiati. Nel grafico sottostante, vengono descritte le variazioni percentuali di ciascun fattore rispetto al tempo espresso in anni a partire dal 1965.

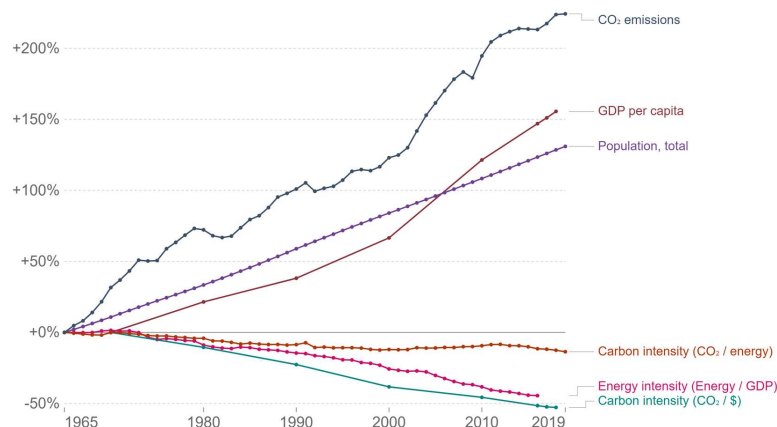


Figura 11. Variazioni dei drivers dell'identità di Kaya che determinano le emissioni globali di CO₂.
 Fonte: Our World Data basato sul GCP, ONU, P.A, Banca Mondiale. Database del progetto Maddison.
<https://ourworldindata.org/emissions-drivers>

Analizzando il ruolo dei vari drivers è possibile intuire il legame con le emissioni globali. Il reddito ha un ruolo molto importante: più un paese è ricco - o tende a industrializzarsi – e più ottiene accesso alle fonti energetiche, maggiore è il consumo di beni che richiedono grandi input energetici, come riscaldamento e trasporti. Di regola, il *trend* del PIL e delle emissioni varia da paese a paese, in base al grado di maturità raggiunto dal processo di industrializzazione - crescente o maturo (IPCC,2014; pp.336) -, ma anche dalla fonte di crescita economica, ossia se è dovuta al cambiamento tecnologico o all'accumulo di ricchezza (IPCC,2014; pp.372). Secondo una ricerca (Jakob et al.,2012), la crescita economica nei paesi in via di sviluppo potrebbe avere maggior intensità di emissioni contro l'innovazione tecnologica di economie già sviluppate. Vi è nel lungo periodo, una correlazione diretta fra reddito e consumo pro capite di energia e l'intensità di

carbonio (Stern,2011), sebbene la teoria economica *mainstream* consideri come fattori per il PIL solo il cambiamento tecnologico e l'aumento di capitale umano per lavoratore. Ciononostante, l'intensità energetica e quella del carbonio possono essere diminuite attraverso transizioni. Queste avvengono quando un Paese passa da un mix energetico composto da combustibili fossili verso uno alimentato da fonti rinnovabili - come ad esempio l'energia eolica, solare o idroelettrica - cercando, in parallelo, di migliorare l'efficienza energetica delle industrie e delle attività. Anche la *cattura* e il *sequestro* di carbonio potrebbero essere una soluzione in grado di ridurre le emissioni, ma obiettivi come la decarbonizzazione e le emissioni zero, seppur così ambiziosi, potrebbero essere raggiunti. A livello internazionale, si evince come il reddito pro-capite sia aumentato in gran parte dei paesi mondiali negli ultimi decenni. Molti paesi in via di sviluppo tendono, ora, a convergere verso paesi sviluppati con livelli di reddito elevati, mentre altri hanno sperimentato una divergenza. Esiste un ampio ramo di letteratura scientifica e socio-storica che cerca di individuare i motivi alla base di tale fenomeno, come ad esempio la teoria di David o di Gerschenkron²⁸(David,1985), o ancora teorie più recenti (Durlauf,2005; Caselli,2005; Eberhardt e Teal,2011). L'effetto della crescita economica sulle emissioni viene evidenziato però dalla loro sensibilità shock economici. Nonostante

²⁸L'economista usa un approccio più scientifico alla convergenza dei paesi ed ha elaborato la teoria della *Path dependence o dipendenza dal percorso*, cioè un cammino tracciato da paesi detti *first comers* (come Europa) può essere imitato perfettamente. La teoria di Gerschenkron(1965), detta dell'industrializzazione tardiva, considera una fase di decollo da parte dei paesi sottosviluppati usando anche i vantaggi dell'arretratezza che permette di imitare le tecnologie già esistenti senza rischio di fallire.

i *lag*, si può notare nella figura 12, la pro-ciclicità delle emissioni globali negli anni di crescita o contrazione. Esempi pertinenti sono la crisi finanziaria del 2008 e il più recente impatto a seguito della pandemia da Coronavirus: a tal proposito si stima una diminuzione del 17% di emissioni globali rispetto all'anno precedente (Le Quéré,2020).

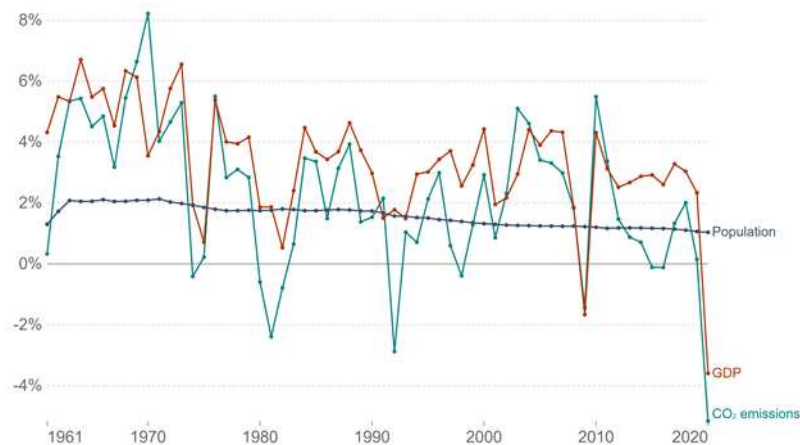


Figura 12. Variazione percentuale annua del PIL mondiale, della popolazione e delle emissioni di anidride carbonica.
 Fonte: Banca Mondiale e OCSE, elaborazione di Our World Data sui dati di GCP.
<https://ourworldindata.org/emissions-drivers>

Come primo fattore dell'equazione di Kaya, vi è la popolazione. In effetti, per ogni incremento della dimensione della popolazione maggiore sarà l'emissione di GHG, ma ciò varia a seconda delle condizioni socioeconomiche, dallo stile di vita e dal tasso di urbanizzazione (Jiang e O'Neill,2016). La letteratura è divisa anche in questo caso, portando considerazioni contrastanti a seconda del *set* di dati, della tecnica di stima e dell'orizzonte temporale (Poumanyvong e Kaneko,2010;

Jorghenson e Clark,2010). Tuttavia, come affermato in precedenza, esiste una disuguaglianza fra paesi nell'emissioni globali: tendenzialmente, paesi ad alto e medio-alto reddito hanno una predisposizione elevata ad inquinare, nonostante si registri una decrescita demografica e tassi di fertilità minori. Viceversa, i paesi ad alto tasso di fertilità e demografico – come l’Africa – ma con reddito inferiore, sono sottorappresentati nelle emissioni. Questo perché i paesi a medio-alto reddito usano maggior fonti di energia proveniente dal carbonio – come per la mobilità su strada – rispetto ai paesi con maggior aree rurali. Alcuni studi (Fan et al.,2006; Liddle e Lung,2010), tuttavia, considerano anche i diversi stili di vita a seconda della fascia di età: tendenzialmente, la popolazione nella fascia fra 20-34 e la classe di età 65+ registrano un consumo maggiore di energia dovuto alla dimensione del nucleo familiare in cui vivono e al relativo aumento di emissioni. Nonostante tutte queste variabili prese in considerazioni per il fattore popolazione, si può notare come i dato aggregati di vari paesi, quali il Nord America, l’Oceania e l’Europa, registrano emissioni non proporzionali alla loro popolazione (Mackay,2008). Ad esempio, nel 2016 il Nord America ospita solo il 5% della popolazione mondiale ma emette il 18% di anidride carbonica (quattro volte di più), mentre invece l’Africa pur ospitando il 16% della popolazione mondiale produce 4% delle emissioni totali di CO₂. La Cina, un paese con un tasso di natalità elevatissimo, rappresenta il 60% della popolazione mondiale ed il 49% di emissioni (Ritchie,2018). I tassi attuali della popolazione sono in decrescita con un tasso di fertilità medio in diminuzione

– il numero di figli per ogni donna è circa due –. In conclusione, si può affermare che il fattore popolazione riveli una relazione “debole” nella variazione delle emissioni di GHG.

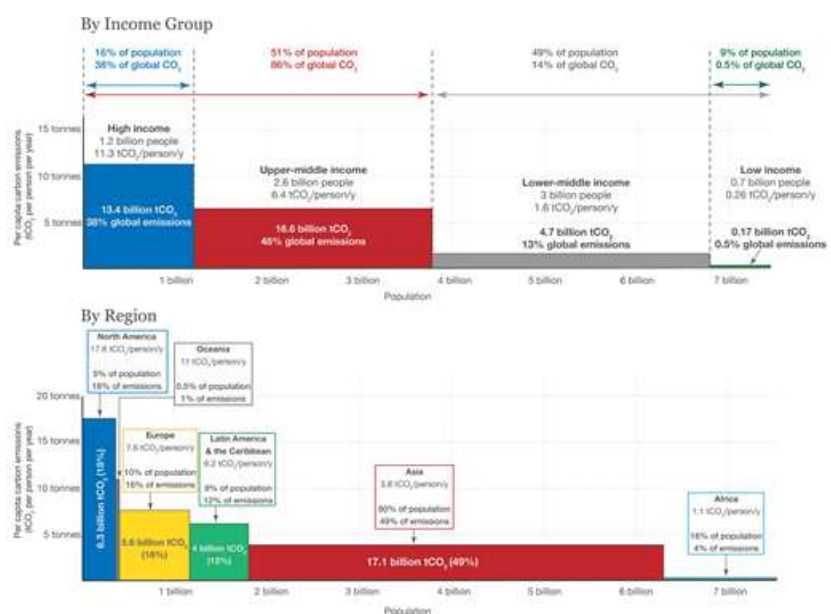


Figura 13. Emissioni per regione del mondo. Fonte: Our World Data. 2021. <https://ourworldindata.org/co2-by-income-region>

1.4. Le strategie per contrastare il cambiamento climatico

L’analisi e la relativa scomposizione dell’identità di Kaya consentono di collegare le variazioni nelle emissioni di GHG ai cambiamenti dei diversi *drivers*: in questo modo è possibile identificare le strategie da implementare per contrastare l’aumento delle temperature globali ed il cambiamento climatico stesso. Per tale ragione i paesi mondiali hanno fissato obiettivi per la riduzione di GHG sia a breve

che a lungo termine: l'Unione Europea ha pianificato una riduzione del 40% delle emissioni entro il 2030. Il raggiungimento di tali obiettivi mira a soddisfare quanto previsto nell'accordo di Parigi, ossia il limitare l'aumento della temperatura media globale a 1,5°C oppure a un livello più tollerante al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali. La neutralità carbonica è l'obiettivo finale che quasi tutti i paesi e le aziende stanno promettendo di raggiungere entro il 2050, si tratta arrivare a zero emissioni annuali. Per cui ogni tonnellata di gas serra o CO₂ che si diffonde nell'atmosfera se ne rimuove altrettanto pareggiando le emissioni prodotte con le “emissioni negative”²⁹. Rockström, propone una soluzione per avere una rapida decarbonizzazione, usando la *carbon law* (Rockstrom et al.,2017): una tabella di marcia che stabilisce per ogni decennio quanto dimezzare le emissioni lorde di anidride carbonica antropogenica. Secondo i ricercatori (Rockstrom et al.,2017), questo approccio dovrebbe interagire con strategie come la mitigazione ed altri obiettivi di sviluppo sostenibile di lungo periodo che andranno a potenziare le tecnologie già esistenti – le energie rinnovabili – e ne introdurranno nuove attraverso la “*disruptive innovation*” (Wilson,2018). Secondo la letteratura (Streimikienė e Balezentis,2016; McCollum et al.,2011; Riahi,2012), la società

²⁹Si tratta di quei sistemi utili per rimuovere dall'atmosfera un po' di anidride carbonica e sono tre: il primo consiste nella cattura di CO₂ al momento della sua produzione all'interno degli stabilimenti industriali dove, che sia per produrre energia o materiali, se ne emette tantissima, poi segue la fase di stoccaggio. Il secondo metodo viene chiamato a “cattura diretta dall'aria”, o DAC, che funziona così: si aspira aria dall'atmosfera, in qualunque posto del mondo, e si filtra l'anidride carbonica. Sono tecnologie molto costose e poco pratiche. L'ultimo metodo è di tipo naturale attraverso l'uso di “pozzi” come gli alberi o l'oceano che usano l'anidride carbonica per fare la fotosintesi.

attuale e futura dovrebbe implementare – e rendere sempre più ambiziose – politiche per l’aumento dell’efficienza energetica: una via che, nel corso del tempo, si è rivelata la migliore per la riduzione delle emissioni e delle concentrazioni di gas serra nell’atmosfera, indipendentemente da come viene fornita l’energia primaria. Quella che gli scienziati definiscono *giusta transazione* (Nakagaki,2021) è raggiungibile mediante la diffusione di tecnologie a minor consumo energetico e tramite la riduzione della dipendenza da combustibili fossili sia nel processo industriale e di commercio (ad esempio mediante aumento della quota di energie rinnovabili); a ciò si aggiunge la riqualificazione e l’introduzione d’innovazione degli edifici privati/commerciali, migliorandone l’efficienza dei sistemi di riscaldamento e/o raffreddamento e d’illuminazione; ma ancora, potenziando lo stoccaggio per l’assorbimento di carbonio attraverso la riforestazione o evitando l’acidificazione dell’oceano. Infine, aumentando la diffusione di mezzi per la mobilità che utilizzano tecnologie già disponibili (come, ad esempio, i trasporti ibridi), i quali prescindono dal carbonio. Per monitorare e certificare che vi siano benefici reali e misurabili nell’applicazione di tali attività, esiste uno strumento utile, il cosiddetto meccanismo di sviluppo sostenibile (SDM) che entrerà in attuazione dall’agenda COP-21 (Mukhopadhyay,2018).

Esiste, tuttavia, un crescente interesse scientifico (Alber e Kern,2008; Davoudi 2009; Wamsler et al.,2013) verso un’altra tipologia di politiche per la tutela dai mutamenti climatici, ossia le *misure di adattamento*, cioè quelle che

anticipano il cambiamento ambientale, prevedendone gli effetti dannosi e avversi. Si cerca di sfruttare gli effetti, ma limitando al massimo gli impatti sul benessere degli abitanti. Le strategie vanno dalle modifiche di tipo infrastrutturali su larga scala ai sistemi di allerta preventiva per gli eventi estremi, come cicloni e frane, ma anche mediante la distribuzione di tecnologie volte a mitigare l'*effetto isola di calore* tramite la creazione di *urban forest* o marciapiedi riflettenti (Zhang e Ayyub, 2021; Kuhlicke et al.,2020; Brink e Wamsler,2019;Otto 2021). Tuttavia, tali misure dovrebbero essere pensate a lungo termine per evitare un *blackout* dei sistemi economici. In Europa, la stima di Reckien et al. ha rilevato che su un campione di 885 città, il 66% ha sviluppato un piano di mitigazione, mentre il 26% attua un piano di adattamento (Reckien,2018). Un connubio di queste due strategie è molto importante in quanto la prima strada andrà a stabilizzare le emissioni di gas serra velocemente, mentre la seconda sarà più che necessaria in quanto gli effetti dati dalle emissioni di GHG sui cambiamenti climatici hanno durata decennale e si protraggono nel tempo (Farber,2007). Allo stesso tempo, va considerato che i benefici di azioni precoci sulla mitigazione comportano un costo inferiore delle misure di adattamento. Le stime dei costi di tali politiche possono essere misurate a diversi livelli: a seconda del progetto, della tecnologia, settori e a livello macroeconomico (Halsnæs,2007). Questi costi non possono essere comparabili o equivalenti: per tale motivo per confrontarli la letteratura si serve di indicatori macroeconomici quali la variazione del PIL globale, la variazione di tassi di crescita

oppure la variazione del consumo (Paltsev e Capros,2013; Clarke,2014). Tuttavia, va ricordato che le stime non sono puntuali a causa dell'elevata incertezza annessa ai cambiamenti climatici nel lungo periodo. Per questo motivo si applicano differenti tassi di sconto, con un range che varia da 2,6%-5% (Rogelj,2019;Koberle et al.,2021;Giglio 2016). I costi di investimento per tali politiche ammonterebbero all'1% del PIL globale entro il 2030. I governi si troverebbero a dover scegliere se far ricadere questa spesa sulle famiglie o aumentando il debito pubblico. In Europa raggiungere lo *zero netto di emissione* richiederebbe circa 28 trilioni di euro nei prossimi 30 anni (D'Aprile et al.,2019). I costi elevati sarebbero destinati in ogni caso a ridursi con il passare del tempo per effetto di economie di scala o di curve di apprendimento. Allo stesso tempo si registrerebbero ampi benefici economici sia nella crescita del PIL (circa 1% a livello globale) sia nella creazione di nuovi posti di lavoro. Inoltre, le politiche climatiche potrebbero avere un impatto in termini di benefici-costi sui Paesi più esposti, come quelli con economia nazionale ad alta intensità di carbonio o che accolgono società con alta intensità di carbonio (Wu et al.,2021). Nel complesso, ci sarebbero buone ragioni per percorrere un processo di decarbonizzazione, nonostante i costi alti necessari ad avviare le politiche breve di periodo.

1.5. Strumenti dei policy maker per la politica climatica

Il quadro generale dei partecipanti ai negoziati internazionali sul clima è molto frastagliato, causa delle difficoltà fisiologiche nell'unire esigenze e situazioni socioeconomiche, culturali diverse fra loro: alcuni paesi ricchi ad alto consumo di gas climalteranti (Stati Uniti) non hanno aderito al Protocollo di Kyoto e si sono ritirati dall'accordo di Parigi su decisione del Presidente dell'epoca³⁰; paesi industrializzati e in via di sviluppo come i Brics³¹ prediligono gli obiettivi di sviluppo economico a discapito di quelli volti a contrastare il cambiamento climatico; i paesi dell'Unione Europea, invece, con emissioni contenute premono per accordi globali (Macchiati,2009). Risulta difficile trovare un "minimo comune" e molto spesso si incorre in situazioni di stallo. Non a caso negli ultimi anni, si è fatto ricorso a meccanismi per sbloccare la situazione e riuscire ad incentivare le politiche di mitigazione e adattamento. Le emissioni di gas serra rappresentano esternalità negative, cioè costi generati dallo sfruttamento dell'ambiente nelle attività economiche e che non hanno espressione in transazioni di mercato³² (Nordhaus,2013). Chi emette gas serra non paga per questo privilegio. Di fatto, chi inquina ha un vantaggio economico nell'inquinare (beneficio per svolgere le attività

³⁰ Gli Stati Uniti hanno emissioni pro capite pari a sei volte quelle della Cina, nonostante il numero minore di abitanti. Inoltre, l'attuale Presidente ha riparato l'azione del precedente facendo rientrare gli Stati Uniti nell'accordo.

³¹ Caratterizzati da livelli di emissione pro-capite bassi ma crescenti.

³² Si tratta di costi sociali che non si manifestano in costi privati. Secondo il premio Nobel Coase, le esternalità ambientali derivano dal fatto che non sono definiti precisamente i diritti di proprietà sulle risorse dell'ambiente.

economiche), invece chi è vittima dell'inquinamento subisce un danno che può essere quantificato (costo ambientale). Per quanto le emissioni di gas serra possano sembrare un caso di “fallimento del mercato” (Musu,2017; pp.26-27)³³, testimoniano in realtà un'assenza di quest'ultimo. Il sistema economico non riesce a preservare gli *asset* ambientali né tanto meno a contrastare il *free riding*³⁴ degli agenti con semplici meccanismi di mercato. Altresì, l'intervento pubblico sarà necessario per allocare in modo socialmente efficiente costi-benefici delle risorse naturali. La vera sfida è riuscire a rendere i costi esterni del degrado ambientale una componente di costo per chi produce tale degrado, cioè “internalizzare” il costo sotto il principio “*willingness to pay*” (WTP) ³⁵, ossia la volontà di pagare (Kaval,2011; Hong-Xia et al.,2014; Hulshof e Mulder,2010; Goh e Matthew,2021). Ciò misura *ex post* il prezzo massimo che i consumatori sono disposti a pagare per l'uso, per la preservazione o sfruttamento di bene o servizio. Tale approccio è usato per determinare i benefici netti di investimenti o politiche pubbliche che influenzano la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, dirottando l'interesse di individui e imprese verso attività a basso o zero contenuto di carbonio. Il risultato desiderato è un livello di abbattimento dei livelli di CO₂ che verifica l'uguaglianza

³³Per fallimenti di mercato si intende tutto ciò che impedisce al mercato, anche quello concorrenziale, di garantire l'efficienza sociale all'allocazione delle risorse.

³⁴Questo problema si verifica quando un individuo gode gratuitamente del bene pubblico (in questo caso le risorse ambientali) o di servizi senza contribuire al pagamento degli stessi, di cui si fa carico la collettività.

³⁵ Si parla di *Willingness to accept*, cioè la somma che ognuno è disposto ad accettare per tollerare la perdita di una risorsa naturale, investimento potenzialmente vantaggioso o rinunciare a una scelta politica.

tra il costo marginale di abbattimento e i benefici stimati dell'abbattimento (Frank,2014). Gli strumenti a disposizione dei governi sono molteplici, ma in questa sede ne vengono presentati soltanto due: tassare in modo diretto le emissioni tramite una *carbon tax* o assegnare dei diritti negoziabili di emissione nel sistema *cap-and-trade*. Il primo approccio fissa il prezzo delle emissioni di anidride carbonica e consente al mercato di determinare la quantità delle riduzioni delle emissioni, mentre il secondo stabilisce la quantità di riduzione delle emissioni e lascia che sia il mercato a determinare il prezzo (Frank,2014). A prima vista molto simili, grazie al loro approccio *top-down*, le due strategie riducono le emissioni di CO₂ attraverso un costo aggiuntivo sul carbonio (Stavins,2019). La divergenza risiede sul metodo: la *carbon tax* è più semplice, ma la quantità di emissione prodotta non è prevedibile con certezza; può essere superiore o inferiore all'importo richiesto poiché dipende dall'elasticità dei produttori rispetto al prezzo della tassa. Saranno per questo necessari frequenti aggiustamenti della tassa sul carbonio in modo che le variazioni del costo di abbattimento non siano distorsive, confermando il suo livello statico. Al contrario, la *cap-and-trade* può stabilire - in eccesso o difetto - il prezzo di mercato delle quote di CO₂ rispetto al beneficio dell'abbattimento (Goulder e Schein,2013). Quest'ultima stabilisce la quantità di emissioni che può essere usata per stimare il calo dell'aumento della temperatura e i benefici naturali ottenuti. Tuttavia, occorrerà assegnare i diritti di proprietà tramite asta, cosiddetti *grandfathering*, piuttosto che una ripartizione gratuita tra produttori

in via discrezionale: così facendo si evitano ingiustificati vantaggi ad alcuni paesi o imprese (Parry et al.,2005). Infine, il prezzo dei diritti in regime *cap-and-trade* si adeguano continuamente alle variazioni del costo di abbattimento nel tempo al variare dei diversi fattori, confermando la volatilità di tale strumento. Nel contesto internazionale, la *carbon tax* è svantaggiata per due motivi: in primo luogo poiché è difficile raggiungere un accordo tra gli Stati sull'entità della tassa; i paesi industrializzati hanno l'obbligo etico di finanziare i paesi emergenti per ridurre le emissioni e per questo tendono a preferire l'acquisto dei diritti di emissione piuttosto che il trasferimento monetario diretto. In realtà, la tassa sul carbonio è resa appetibile ai decisori politici poiché, applicandola, si potrebbe verificare il fenomeno del *double dividend*: ridurre il danno ambientale ed eliminare forme di tassazione dannose per la crescita economica, come quelle sul lavoro (Musu, 2017; pp.64). I mercati *cap-and-trade* su larga scala sono politicamente sostenibili per quegli operatori i cui costi di accesso al sistema non invalidano la convenienza alla contrattazione. Viceversa, diventa di difficile attuazione sugli operatori più piccoli, come i singoli consumatori e le categorie piccole di utilizzatori di combustibili fossili (edifici residenziali o commerciali che usano il sistema di riscaldamento/raffreddamento), i quali troverebbero poco conveniente entrare nel sistema *cap-and-trade* a causa degli elevati costi (Fabbri e Cicigoi, 2007). In alternativa, per questi soggetti si potrebbe applicare una tassa sui beni. Sia il mercato *cap-and-trade* che la *carbon tax* svolgono ruoli utili, ma non possono

essere considerati strumenti sostitutivi: piuttosto dovranno essere adottati congiuntamente da parte dei *policy maker*. Il commercio nel carbon market di quote di emissione sarà oggetto di studio approfondito nei prossimi capitoli.

CAPITOLO II

2. CARBON CREDITS MARKETS

L'accordo di Parigi fissa gli *standard* per il controllo del riscaldamento globale: ciò implica la riduzione dei livelli di emissioni di gas serra a livello regionale ed internazionale. Dal momento che nei prossimi anni le aziende saranno costrette a mitigare le proprie attività ad alta intensità di carbonio, il tema del *cost-effective* avrà un ruolo centrale, ossia su come raggiungere lo *standard* in modo efficiente rispetto al costo, così da minimizzare i costi necessari a tale raggiungimento (Musu,2017). L'attribuzione di un prezzo al carbonio -attraverso dinamiche di incontro fra domanda e offerta - rappresenta uno strumento primario delle politiche climatiche. Attualmente, il *carbon pricing* segue due metodi: *carbon tax* e l'*emission trading* in regime *cap-and-trade*. Tuttavia, negli ultimi vent'anni, è stato proprio il *carbon emissions trading* a prevalere, creando con sé uno dei mercati delle materie prime più innovativi. Un tipo di approccio che controlla le emissioni di biossido di carbonio CO₂ prevedendo incentivi economici. Un'autorità centrale fissa un limite alla quantità di carbonio che può essere emessa (Marcu,2006). Gli agenti economici che sono titolari di *carbon credits* o di quote di emissioni hanno il diritto di emettere un importo specifico di tonnellate di anidride carbonica o equivalenti gas serra (Kenton,2021). Pertanto, il livello di quote di emissioni detenuti non può superare il massimale imposto per il limite di emissioni, ridotto annualmente. Inoltre, qualora alcune imprese ottengano eventuali

eccedenze di credito, queste potrebbero essere scambiate nel *carbon market*. Le aziende che inquinano di più devono aumentare le proprie quote di emissione, acquistando crediti da coloro che inquinano meno (Soleille,2006). I *carbon credits* non essendo semplici *commodities* hanno bisogno di determinati *standard* per garantire la qualità delle compensazioni di carbonio. In questo contesto, esistono due tipi di crediti: quelli ottenuti sulla base di progetti regolamentati introdotti per la prima volta dal Protocollo di Kyoto e quelli scambiati nel mercato volontario. Da un lato le Nazioni Unite hanno approvato un meccanismo finanziario sullo scambio internazionale di emissioni come uno strumento di politica climatica, mentre, in parallelo, il mercato volontario ha assunto forte espansione come realtà economica per dimostrare impegno e volontà a contrastare il cambiamento climatico al di fuori della dimensione politica (A.Kollmuss,2008). Pur includendo una componente volontaria, *il carbon credits market* è ampiamente dominato da quella regolamentare.

2.1. Il mercato regolamentato del carbonio: Il Protocollo di Kyoto

Il 1992 fu un anno importante, poiché si ebbe la prima grande presa di coscienza a livello internazionale sulle responsabilità per il cambiamento climatico. Venne istituito il “Summit della Terra” a Rio, a cui parteciparono 154 nazioni, le quali stipularono la *Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCC)*. Questo accordo pose le basi per la cooperazione internazionale volta a contrastare i cambiamenti climatici (UNFCC,1997). In sostanza, l’*UNFCC* era un trattato non vincolante per i paesi aderenti, rappresentando soltanto una linea guida su come attuare politiche ambientali. Venne instaurato il quadro istituzionale per le Conferenze delle Parti (*Cop*). Il concetto di *carbon market* nacque durante la terza *Cop* tenutasi a Kyoto nel 1997, da cui prende nome il Protocollo (UNFCC,2006) - il quale entrò in vigore solo nel 2005 a seguito della ratificazione della Russia-. Ai Paesi che ratificarono il protocollo venivano assegnati livelli massimi di emissione di carbonio in determinati archi temporali. Nel 2001 il Protocollo - rivolto in origine agli “inquinatori storici” - registrò una battuta d’arresto quando gli Stati Uniti, in discordanza con le disposizioni proposte, non ratificarono il PK. Nonostante ciò, fu comunque raggiunta l’adesione del 55% dei Paesi e il Protocollo entrò effettivamente in vigore. Il PK vincolava i paesi industrializzati a ridurre le emissioni di GHG in media del 5,2% entro il 2012, rispetto ai livelli registrati nel 1990, sebbene non prevedesse una vera e propria direttiva: al contrario, veniva garantita grande libertà a ciascuno Stato circa le

modalità d'azione (UNFCC,2020). L'Unione Europea si impegnava ad un tasso più rigoroso, con un 8% di emissioni in meno, mentre per i Paesi in via di sviluppo, non furono previste soglie (Frestone D.,2009). Inoltre, il Protocollo prevedeva la regolamentazione di sei tipi di gas serra - elencati nel primo capitolo -: per onorare tali impegni, venne adottato un approccio di tipo *market-based*. Fu istituito, infine, un meccanismo di scambio di quote di emissione per incoraggiare gli Stati partecipanti. Nonostante le varie strategie implementate, tra il 1990 e 2009 è stato registrato un aumento di circa il 40% delle emissioni a livello globale. Il PK è stato esteso fino al 2020 con l'adozione dell'emendamento di Doha che ha aggiunto nuovi obiettivi di riduzione delle emissioni. Tale emendamento venne sostituito nel 2015 dall'Accordi di Parigi sul clima, un patto fondamentale adottato dalla stragrande maggioranza delle nazioni che include solo impegni per ridurre l'inquinamento ma rafforza anche quelli presi nel tempo (UNTC, 2021).

2.1.1. *I paesi membri*

Il PK prevedeva che i paesi impegnati nel rispetto degli obblighi fossero suddivisi in quattro differenti gruppi di adesione: *Annex I*, *Annex II*, *Non-Annex I* e *Least Developed Countries (LDCs)*. Le parti incluse nell'*Annex I* erano 43, e comprendevano sia i paesi sviluppati o industrializzati - distinti da un'alta qualità della vita e un'economia sviluppata - che le nazioni con economie in transizione (*EIT*), cioè le ex economie pianificate centralmente come l'Europa orientale, la Russia e gli Stati Balcanici. Mentre per le parti dell'*Annex II*, 24 erano compresi già nella categoria precedente e sono composte dai membri appartenenti all'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) escludendo i paesi EIT. Per accedervi, era necessario possedere due caratteristiche: capacità istituzionali e finanziaria per ridurre le emissioni. In aggiunta, i membri di questo gruppo avevano il compito di condividere le tecnologie e promuovere lo sviluppo attraverso fondi finanziari dei paesi in via di sviluppo e degli EIT per mitigare i cambiamenti climatici (Shisholv, Morel e Bellassen 2016). I paesi *Non-Annex I* comprendevano in linea di massima i paesi in via di sviluppo a basso reddito, che non erano vincolati al protocollo: questo perché i valori su cui si fondava e si orientava il Protocollo erano l'equità e la giustizia. Attraverso un'attenta analisi delle responsabilità, si può notare che i paesi con economie più sviluppate spostavano una parte della produzione industriale in paesi dove il costo del lavoro era più basso e le regole di protezione ambientale meno restrittive.

Pertanto, tali paesi furono considerati meno responsabili del cambiamento climatico (UNFCCC,2005). Vi sono infine 49 Paesi che hanno uno *status* speciale e considerati dalle Nazioni Unite *least developed countries*, poiché hanno una limitata capacità di combattere il cambiamento climatico e particolarmente vulnerabili alle condizioni avverse della variabilità climatica.

2.1.2. *Meccanismi di funzionamento previsti dal protocollo di Kyoto*

Il PK consentiva alle parti di fare ricorso a meccanismi *market-based*, noti come *flexible mechanisms*, che permettevano di ottenere il medesimo beneficio ambientale – inteso come riduzione delle emissioni di GHG o sequestro del carbonio – indipendentemente dalla posizione geografica in cui veniva intrapresa l'azione di abbattimento (UN,1998). In tal modo, i paesi dell'*Annex I* riducevano i costi per il raggiungimento degli impegni assunti: si realizzavano i progetti per il contenimento di emissioni in paesi dove i costi sono minimi e si contabilizzava il risultato ottenuto. Dunque, i tre meccanismi sono: *Clean Development Mechanism (CDM)*, *Joint Implementation (JI)* ed *Emission Trading scheme (ET)*. Sebbene la loro applicazione avverrà solo dopo l'entrata in vigore del PK, si garantiva l'integrità dei meccanismi attraverso norme specifiche e istanze di controllo.

Il *Clean Development Mechanism (CDM)*, definito dall'articolo 12 del Protocollo, consente l'implementazione di progetti delle imprese che risiedono nei

paesi sviluppati, permettendo di abbattere le emissioni nei paesi in via di sviluppo per i quali non sono stati fissati obiettivi ambientali (UNFCCC,2006a). Si produce un doppio risultato positivo: le imprese che sviluppano i progetti ottengono crediti di emissione, cosiddetti *Certificated Emission Reduction (CER)* e, inoltre, si migliora le condizioni sociali, ambientali e tecnologiche dei paesi di sviluppo (Streck,2004). Affinché siano concessi i *CER*, i progetti sono sottoposti ad un rigido *iter* regolamentato. I benefici ambientali dovranno essere monitorati, tangibili e quantificabili a lungo termine. Si stima che, fino al 2021, circa 3401 progetti sui 8217 registrati abbiano generato crediti *CER*, investendo oltre 300 miliardi di dollari per un totale di 2 miliardi tCO₂ sottratti (UNFCC s.d.). La maggior parte dei *CERs* sono generati a partire dal 2000 per progetti in Paesi come l'Asia, America Latina e Africa. Il meccanismo di *Join Implementation (JI)*, invece, definito dall'articolo 6 del Protocollo, permette ai paesi dell'*Annex I* di creare progetti per la riduzione delle emissioni allo scopo di ottenere crediti rappresentativi di quote di CO₂, chiamati *Emission reduction units (ERUs)*, pari alla differenza tra le emissioni prima e dopo il progetto (UNFCC s.d.). L'implementazione di questi progetti è avvenuta solo nel 2008, mentre la loro esecuzione deve avvenire solo in altri paesi industrializzati presenti nella stessa categoria. I progetti *JI* - così come quelli *CMD* - seguono una procedura rigida e regolamentata, definita dalla *COP* di Montreal del 2005. Nel 2015 si stima che siano stati emessi nel 871 milioni di ERUs (UNFCC 2016) e che circa quattro quinti dei progetti sono stati presentati in Russia, Ucraina

e Polonia (Gutbrod et al.,2010). Infine, il terzo meccanismo, previsto nell'articolo 17 del Protocollo, è l'*Emission Trading Scheme (ETS)*. Esso consiste nel commercio di quote di emissione: i Paesi che dispongono di un'eccedenza di permessi di emissione ottengono un extraprofitto attraverso la rivendita. Viceversa, qualora in *deficit*, potranno acquistarli per evitare sanzioni. Questo mercato regolamentato prende il nome di *carbon market* in quanto è l'anidride carbonica il principale gas serra scambiato. È un approccio che mira a ridurre la competitività dei combustibili fossili, accelerando gli investimenti in fonti di energia a basse emissioni (Solomon e Lee,2000). Il meccanismo usato nell'*ETS* è quello di fissare un limite quantitativo totale alle emissioni prodotte da ogni emettitore partecipante (Tietenber,1985). Nell'ambito dello scambio di quote possono essere negoziati tutte quelle tipologie appartenenti alle "unità di Kyoto", come le *removal units (RMUs)*, le quali permettono che l'assorbimento del carbonio avvenga attraverso l'uso del suolo, cambiamenti di destinazione del suolo e le attività forestali -c.d. *LULUCF* - come la riforestazione (UNFCCC s.d.). Ogni "unità di Kyoto", sia essa *AAU*³⁶, o in alternativa i crediti guadagnati come *CERs*, *ERUs*, *RMUs*, corrisponde a 1 tCO₂e (Woerdman 2004). Il carbon ETS è operativo nell'Unione Europea, Cina, Stati Uniti e in altri paesi. Tuttavia, dalla letteratura emerge come gli acquirenti siano

³⁶ È l'abbreviazione di Assigned Amount Unit e sono emesse fino al livello di importo assegnato iniziale di una parte dell'Annex I.

paesi industrializzati, mentre i venditori i paesi in via di sviluppo o paesi con economia in transazione (Zhang,2000b; Rose e Stevens 2001).

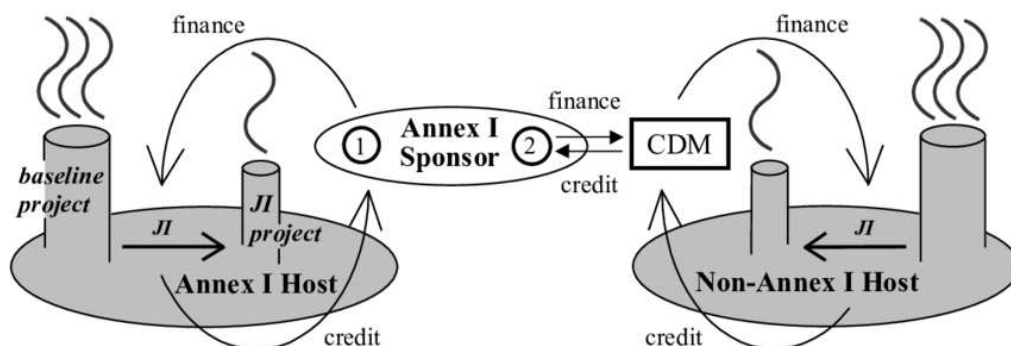


Fig 14. Meccanismi project-based del Protocollo di Kyoto.

Fonte: A Sustainable Framework for JI-R.Hamwey. 1997

https://www.researchgate.net/publication/289176691_A_sustainable_framework_for_joint_implementation

2.1.3. Clean Development Mechanism

Il CDM rappresenta uno dei tre meccanismi flessibili, insieme a JI e al ET, implementati per l'*offsetting* di emissione di gas serra e divenuti imprescindibili verso la transizione a un modello *low-carbon* (Kosoy e Ambrosi,2010). Il CDM è stato progettato per ottenere e certificare i CERs soltanto dopo l'implementazione dei progetti per la riduzione delle emissioni; oltretutto possono essere scambiati, venduti ed utilizzati dai paesi industrializzati creando opportunità di *business*. In particolare, i CERs dovranno essere registrati in un inventario annuale per tenere la contabilità delle operazioni (Hey,2017). I criteri di ammissibilità al meccanismo sono tre: la ratifica del PK, la partecipazione volontaria al meccanismo CDM e

infine l'istituzione di un'autorità nazionale CDM (UNEP,2005). La maggior parte dei progetti realizzati in CDM proveniva dai Paesi Europei, poiché Stati Uniti e Cina non firmarono il PK. I progetti CDM comprendono tutti i settori e devono essere approvati da tutte le parti interessate. Infatti, l'*iter* è molto lungo ed inizia con l'approvazione del *Project Design Document (PDD)* da parte del *Designated National Authority (DNA)*, alla successiva certificazione da parte di un'autorità sovranazionale del *CDM Executive Board (CDM EB)*.

Ciclo di vita del progetto CDM	Entità responsabile
1) PDD	Project participant
2) National approval	DNA
3) Validation	DOE (Designated Operational Entity)
4) Registration	CDM EB
5) Monitoring	Project participant
6) Verification	DOE
7) CER	CDM EB

Tabella 2- Ciclo di vita di progetti CDM.
 Fonte: UNFCC, 2021.
<https://cdm.unfccc.int/Projects/diagram.html>

Per evitare il *free riding* delle parti, inteso come l'attribuzione di crediti a progetti che sarebbero stati comunque realizzati, le Autorità di vigilanza devono stabilire l'*addizionalità* dei progetti, ossia confrontare i benefici derivanti dall'uso dei progetti con una *baseline* in assenza del progetto (Buisseret et al.,1995;

Georghiou,2002; Falk,2004; Georghiou e Clarysse,2006). A seguito di questo esame dettagliato, i progetti vengono sottoposti a monitoraggio e verifica *ex ante* ed *ex post*. Pertanto, questa prolissa valutazione potrebbe creare “colli di bottiglia” che rallenterebbero la fase di approvazione dei progetti (Burniaux et al.,2009).

2.1.4. *Joint Implementation*

Il meccanismo di *JI* è *project-based* nell’ambito del PK. Il funzionamento avviene attraverso la realizzazione congiunta di progetti da due paesi industrializzati (*Annex I*), i quali si impegnano a conseguire un obiettivo di riduzione delle emissioni ai sensi del Protocollo (Ministero Transizione Ecologica, 2021). Le emissioni evitate grazie alla realizzazione dei progetti vengono accreditate sotto forma di *ERUs*: questi possono essere utilizzati per raggiungere gli impegni di riduzione, e, in aggiunta, venduti sul mercato o accumulati (Shishlov et al.,2012). Il paese ospitante non può accreditare queste unità, poiché a ciascun paese partecipante viene assegnato inizialmente un certo ammontare *AAUs* da cui si sottraggono i crediti generati dai nuovi progetti (SEI,2015). Allo stesso tempo, i paesi ospitanti beneficiano degli investimenti esteri e del trasferimento di tecnologia. I progetti del *JI* si distinguono in due tipologie di percorsi, ossia *Track 1* e *Track 2*: la prima tipologia è approvata dai rispettivi paesi ospitanti, mentre il secondo meccanismo presenta caratteristiche simili a quelle del *CDM*, ossia sarà

un ente sovranazionale a verificare i requisiti di idoneità (Carbon Offset Guide,2021). Nel PK non vi sono linee guida sulle tipologie di progetti, ma in linea di principio sono idonei tutti progetti che conducono ad una riduzione di gas serra nei vari settori. Per quantificare il ricavo aggiunto che si può ottenere da un progetto JI si richiede l'*addizionalità* dei progetti: viene calcolata la differenza fra le emissioni ipotizzate in uno scenario di riferimento senza il progetto (*baseline*) e le emissioni realmente ottenute, come illustra la figura 15. Infine, i progetti devono riscontrare il requisito di permanenza, vale a dire la riduzione di emissione non può essere invertita dopo la generazione del ERUs. Inoltre, sarà prevista una fase di monitoraggio e di verifica delle riduzioni, mentre ai partecipanti si richiederanno anche requisiti di ammissibilità per la partecipazione ai programmi, descritti nella pagina precedente (Bertin,2021).

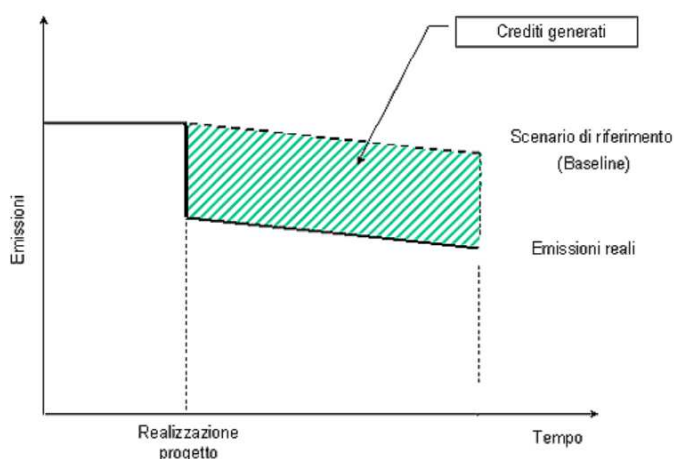


Figura 15. Illustrazione dei crediti generati da un progetto JI.
Fonte: Governo italiano.
<https://www.mite.gov.it/pagina/joint-implementation>

2.2. L'implementazione del protocollo di Kyoto nell'Unione Europea

Per onorare gli impegni stabiliti nel protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici, i 15 membri dell'Unione Europea si adoperarono per abbassare dell'8% il livello delle emissioni prodotte rispetto ai dati del 1990 – ossia l'anno di riferimento utilizzato per i calcoli – durante il periodo 2008-2012. Tale obiettivo poteva essere raggiunto congiuntamente dai paesi, distinguendo i singoli *target* nazionali a seconda del reddito di ciascun Paese, come accordato nel “*Burden Sharing Agreement*” (Decisione CE 2006/944) (Fig.16).

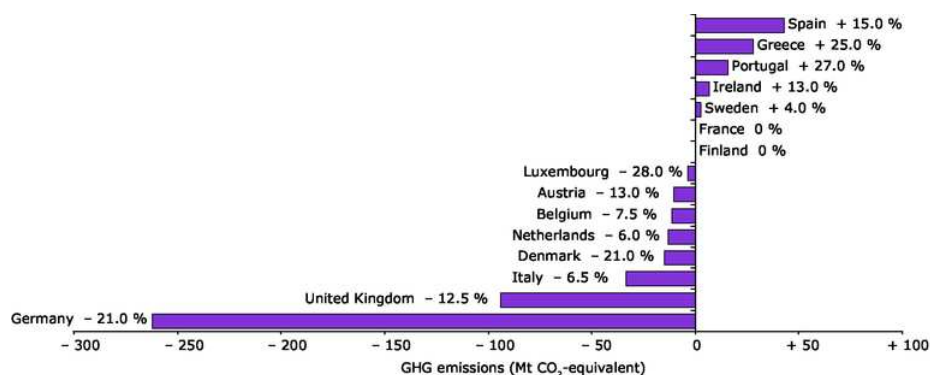


Figura 16. Tetto massimo di emissione dell'EU-15 nel 2008-2012, anno base 1990

Fonte: Commissione Europea

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/greenhouse-gas-emission-targets-of-eu-15-member-states-for-2008-2012-relative>

A partire dal 2003, nuovi paesi sono entrati a far parte dell'UE ed obiettivi simili sono stati fissati per i nuovi aderenti nel rispetto dei limiti imposti dal PK – ad eccezione di Cipro e Malta, non vincolati a degli obiettivi specifici – (Commissione Europea, 2008). Il tetto limite di emissioni è stato determinato sulla base di quelle presenti durante l'emanazione del PK e di quelle cumulate nell'arco temporale di riferimento. Questo denota la disparità esistente tra i limiti imposti per

ogni paese e le condizioni di sviluppo attuali: proprio per questo motivo la Commissione Europea ha istituito l'*European Climate Change Programme* (ECCP), al fine di identificare, sviluppare e implementare gli obiettivi e strategie utili all'adempimento degli obblighi del protocollo. Dal 2004 sono state progressivamente ridotte le emissioni. Per il periodo 2008-2012, l'UE ha rispettato gli impegni assunti: le emissioni totali prodotte sono state pari a 23,5 Gt di CO₂, per un "taglio" complessivo di 11,7% a livello comunitario, anche grazie all'aumento delle temperature medie in Europa e dei prezzi dei combustibili, che hanno influenzato la riduzione dei consumi energetici, e quindi delle emissioni di gas serra (EEA, 2012 e 2013). La crisi finanziaria globale degli anni 2008-2009 ha generato un impatto positivo sulla riduzione delle emissioni, tanto che fu raggiunto il -7% di emissioni in meno rispetto ai livelli del 1990 (EEA,2011). Sebbene paesi come l'Austria, Spagna, Danimarca, Lussemburgo e la Norvegia mancarono il proprio *target*, le loro 35 MtCO₂ emissioni furono più che compensate da cali più alti previsti da parte di tutti gli altri contraenti, fra cui i -59 MtCO₂ della Francia (Codegoni,2016). Nel 2010, invece, si registrò un aumento del +2,4% rispetto all'anno precedente, dovuto per lo più alle emissioni in crescita nei paesi emergenti ed alla ripresa della crescita economica dei paesi industrializzati (Peters et al., 2011). Tuttavia, se da un lato l'UE vede una crescita economica del PIL dal 1990 al 2014 del 46%, dall'altra le emissioni totali gas serra sono diminuite del 23% nello stesso periodo (Commissione Europea,2015).

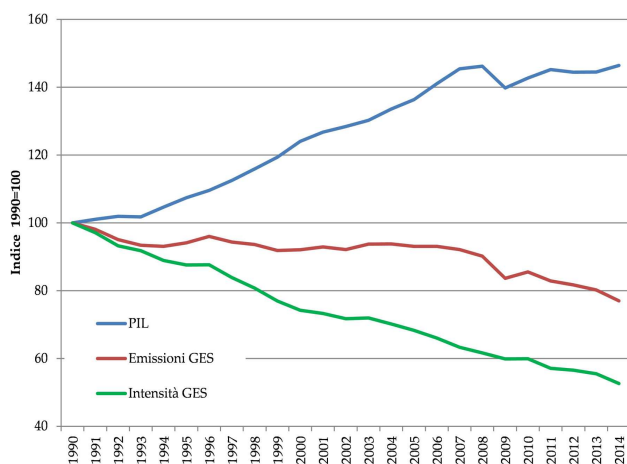


Figura 17. Evoluzione del PIL, delle emissioni di GHG e dell'intensità delle emissioni.
 Fonte: Commissione Europea
<https://eur-lex.europa.eu/legal>

Tra il 1990 e il 2015, i maggiori responsabili dell'emissione di gas serra sono stati Germania e Regno Unito. Tuttavia, l'implementazione di politiche di miglioramento dell'efficienza nella produzione di energia, l'utilizzo di tecnologie *low-carbon* per la generazione di elettricità, la liberazione del settore energetico e l'utilizzo di fonti rinnovabili in sostituzione ai combustibili fossili hanno contribuito a mitigare questo fenomeno, pur con risultati diversi (Morris,2018). Se da un lato già dal 2016 il Governo britannico ha ridotto le emissioni di carbonio di quasi 36% rispetto al 1990, dall'altro lato la Germania ha fatto registrare solo una lieve - e graduale - eliminazione del carbone, rimanendo al di sotto dell'obiettivo previsto nel PK. Questo perché il settore manifatturiero rappresenta il 23% del PIL tedesco, rispetto alla quota inferiore del Regno Unito (Hauptsitz,2011; Evans,2015; Morris,2018; Vaughan,2018).

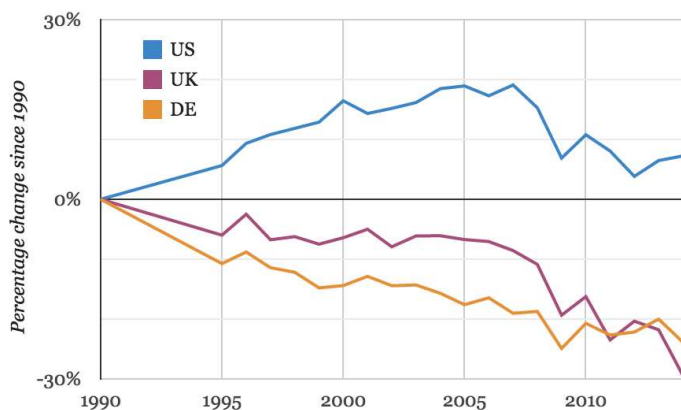


Figura 18. Variazione percentuale delle emissioni dal 1990. Fonte: US Energy Information <https://carbonbrief.org/media/>

La Spagna ha avuto un aumento delle emissioni di gas serra di oltre il 70% tra il 1990 e il 2018, causato in gran parte dalla crescita del settore dei trasporti e dallo sviluppo del settore industriale ed energetico, con un picco nel 2007 di circa 381 MtCO₂ (Fernandez,2021). A livello pro capite, i maggiori emittenti di GHG dell'UE-27 nel 2008 sono stati Lussemburgo, Irlanda, Finlandia, Paesi Bassi e Belgio (EEA,2011). Infine, nel 2016 i settori più inquinanti sul territorio EU sono i trasporti (25%), cui seguono la produzione di energia e calore (27%) e l'industria manifatturiera (20%). Nel 2019, la percentuale di emissioni da parte del settore dei trasporti è aumentato di circa un punto percentuale, mentre è diminuita quella del settore dell'energia (25%): resta quasi invariato il settore industriale (Tiseo,2021). In tutti i settori, la combustione fossile rappresenta la principale fonte di gas serra ed in totale le emissioni sono diminuite del 24% rispetto ai livelli del 1990 (con punte del 4% fra il 2018 e il 2019): risultati che, tuttavia, restano al di sotto dell'obiettivo di riduzione del 20% per il 2020 (Demogenes,2020).

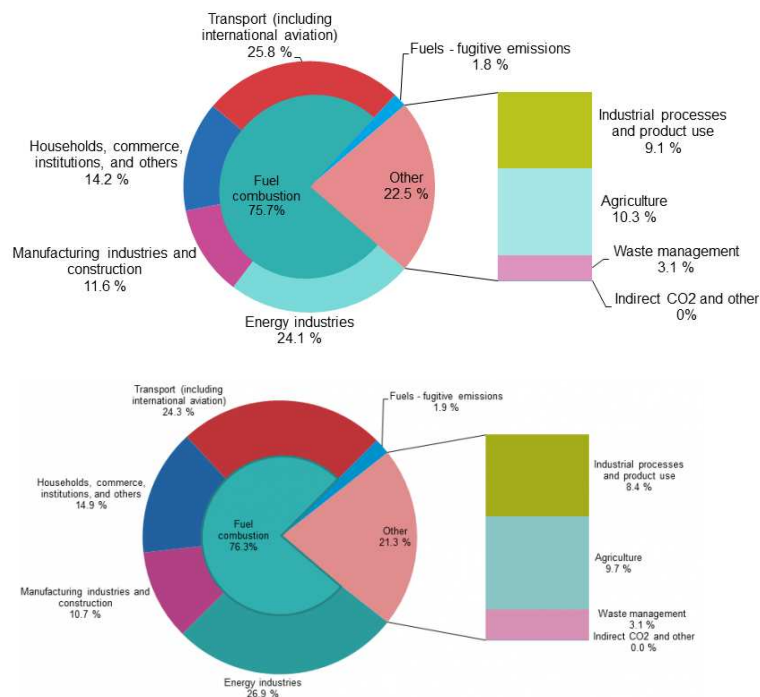


Figura 19 e 20. Nella prima: Emissioni di gas serra per settore in Europa nel 2016 e nella seconda nel 2019. Fonte: EEA e Eurostat.

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions_by_IPCC_source_sector_EU28_2016.png
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions_by_IPCC_source_sector_EU-27_2019.png

2.2.1. Impegni e i risultati europei post-Kyoto

I tre principali emittenti di gas serra a livello mondiale – Cina, Stati Uniti e Unione Europea – contribuiscono al 41,5% delle emissioni totali: da sola, l’UE emette 3573 Mt CO₂, pari al 8% di emissioni globali (Friedrich, Mengpin e Pickens 2020). Per tale motivo, negli anni, le politiche europee per clima hanno seguito strategie *post-Kyoto*, volte a istituire misure e interventi concreti per il

perseguimento dei *target* prefissati per riduzione delle emissioni di gas serra. Dal 2013, è entrato in vigore il Piano “Clima ed energia 20-20-20”, approvato dalla Commissione Europea in sostituzione del Protocollo di Kyoto. In sintesi, entro il 2020 gli Stati europei si sono impegnati a ridurre sia le emissioni di gas serra del 20% sia l'utilizzo dell'energia del 20% migliorando l'efficienza, nonché ad aumentare le porzioni di fonti rinnovabili del 20% (CE,2009). Inoltre, (i) è stata introdotta una revisione del sistema europeo di scambio di *carbon credits* o *EU-ETS*, (ii) sono state limitate le emissioni in settori non-*ETS*, regolamentati dall' *ESR* (*Effort Sharing Regulation*) e (iii) è stata disciplinata la procedura di *carbon sink* del CO₂ (Vincelli Pommier,2008). In linea con gli obiettivi fissati dall'Accordo di Parigi, la Commissione Europea ha presentato il *Roadmap to 2050*, adoperando nuove misure atte a stimolare gli obiettivi climatici imposti dal *Green Deal* europeo. In un contesto in cui viene richiesto un forte coordinamento delle politiche nel territorio comunitario, il fine ultimo della CE è quello di rendere l'Europa il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050 (Bellini,2021). Per raggiungere questo risultato senza aumentare in modo eccessivo il costo legato a misure di conformità, si pongono obiettivi intermedi: infatti, per il 2030, il *target* è quello di ridurre al 55% le emissioni rispetto al livello del 1990 (SDSN,2019). La pianificazione strategica che l'Unione Europea adotterà, prevede una serie di stime *cost-effective* degli investimenti necessari, nuove limitazioni alle emissioni future globali e settoriali e scenari futuri *low-carbon* in ogni settore economico

(SDSN,2019). Con questi nuovi obiettivi la Commissione Europea sottolinea l'importanza e il ruolo assunto dall' *Emission Trading System* nei nuovi settori – che comprende un'estensione al trasporto marittimo e stradale – e contemporaneamente il rafforzamento dei vecchi settori come nel caso della revisione delle quote di emissione a titolo gratuito per il trasporto aereo (Bellini,2021).

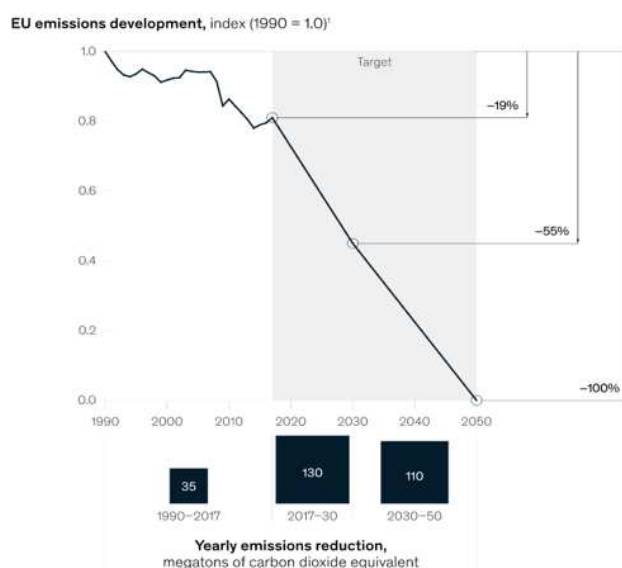


Figura 21. Percorso europeo per raggiungere le emissioni zero nette entro il 2050.
Fonte: McKinsey. <https://asvis.it/public/asvis2/files/Net-zero-Europe-vF.pdf>

Gli *standard* europei delle politiche di mitigazione e adattamento sono elevati, tanto da poter correre il rischio di creare “incentivi perversi”, con l’effetto ultimo di vedere aumentate soltanto le ambizioni climatiche (UNFCCC,2005; Schneider 2011; Carbon Market Watch, 2014; Schneider e Kollmuss 2015). I due meccanismi flessibili di compensazione del protocollo di Kyoto, *Joint Implementation* e *Clean Development Mechanism*, destinati a incentivare la mitigazione del cambiamento

climatico, hanno avuto risultati spesso avversi. Con la JI, a partire dal 2015, erano state rilasciate quasi 872 milioni di ERUs, ma circa l'70% dei progetti non rispettava il requisito di addizionalità e presentava un indice di integrità e efficacia ambientale basso (Schneider e Kollmuss 2015). Per questo motivo, tali *carbon credits JI* non possono rappresentare riduzioni effettive di emissioni: emerge il fenomeno di *overcrediting*, con cui si creano errori nelle stime di riduzione delle emissioni negli inventari nazionali e internazionali (Schneider e Kollmuss 2015). Per quanto riguarda il CDM, l'offerta di crediti CERs generati dai progetti è stata superiore alla sua domanda - nel 2012 è stato emesso il miliardesimo CER (Feldman,2010). Nello specifico, i crediti possono essere venduti alle imprese che devono ridurre le emissioni con l'idea di incoraggiare il risparmio di carbonio, ma nei *flexible mechanism* i maggiori emettenti— Cina, Stati Uniti e India – non competevano come *players* (Le Page,2016). Inoltre, si sono riscontrati vari problemi nell'implementazioni dei progetti e nelle stime. Sebbene il quadro sia contrastante, i paesi firmatari del PK hanno ridotto collettivamente le emissioni riuscendo a raggiungere il *target* imposto: il protocollo, quindi, potrebbe essere considerato un successo (Shishlov et al., 2016; Grunewald e Martinez-Zaroso,2015). Sicuramente è stato importante per la “costruzione” dell'accordo di Parigi dove il *carbon market* ha un ruolo cardinale (Shishlov, Morel e Bellassen 2016). In effetti, numerosi paesi hanno raggiunto i loro obiettivi per contrastare il cambiamento climatico solo acquistando *carbon credits* (Le Page, 2016).

2.3. *Emission Trading System*

Con la crisi climatica incombente, le nazioni si stanno muovendo in modo uniforme e costante verso un futuro a basse emissioni di carbonio, che richiede l'adozione di *clean technologies* per favorire questa transizione. Tutti gli agenti economici – aziende, governi, organizzazioni e individui – hanno un ruolo importante per “ricostruire” il nuovo paradigma economico globale con un approccio di tipo olistico (Corwin e Pankratz 2021). I nuovi processi saranno volti alla creazione di un sistema complesso, interconnesso e privo di emissioni. Nella *Stern Review* (Stern,2007) vengono presentati i tre pilastri fondamentali che i *policy-maker* devono implementare per sviluppare il nuovo sistema *low-carbon*:

- Definizione di un prezzo per le emissioni di carbonio
- Supporto agli investimenti per R&S a sostegno del nuovo modello economico
- Sviluppo di standards e impegni politici ben definiti mediante una regolamentazione condivisa da attori pubblici e privati.

Per quanto riguarda gli ultimi due pilastri, essi riguardano la sfera della tecnologia e quella della regolamentazione. Tanto maggiori saranno i finanziamenti e le risorse per lo sviluppo tecnologico, tanto più promettenti saranno le prospettive del mercato di ridurre la dipendenza dall'utilizzo di fonti inquinanti (Hamamoto,2006; Calel e Dechezleprete, 2012; Zhand, Du e Chen 2019; Cecere et al.,2020; Zhang, 2021). L'ultimo pilastro sottolinea, invece, l'importanza di un quadro regolamentare e informativo per ottenere strumenti di misurazione atti a

implementare politiche di riduzione delle emissioni, abbattendo le barriere presenti nel mercato e creando framework atti ad incoraggiare le politiche di efficienza energetica e di riduzione dell'inquinamento (Hassett e Metcalf,1993; Newell e Mulvaney,2013; Miller et al.,2013; Sarkki et al.,2014; Fankhauser et al.,2015; Francis e Steve, 2018; Neuhoff,2021). A seconda della tipologia dei settori, i governi nazionali impongono limitazioni specifiche per permettere di dotarsi della giusta infrastruttura. Il settore energetico prevede una regolamentazione più dettagliata a livello internazionale – negli anni settanta è stato emanato negli Stati Uniti il “*Clean Air Act*”, stabilendo un rigido controllo delle emissioni provenienti dagli impianti di produzione energetica (Whitesell,2011) – al contrario del settore delle costruzioni, sottoposto soltanto da poco alla recente normativa. Anche tutti gli altri settori con emissioni difficili da limitare – come quello petrolchimico e cementiero – stanno perseguendo una serie di strategie e soluzioni per agevolare la transazione verso le emissioni zero nette. In ogni paese vengono incentivati vari tipi di meccanismi studiati dai governi e dagli organismi internazionali, che si possono suddividere in due famiglie: *market-based* e *command and control*.

Il *pricing* del carbonio – politica *market-based* – è uno strumento importante nella lotta all'aumento di concentrazione ed emissione di gas serra. L'importanza della definizione di un prezzo delle emissioni deriva dalla correlazione esistente fra il prezzo del carbonio e le emissioni di CO₂. Ciò è dimostrato in numerosi studi scientifici, in cui si riscontra come l'aumento del prezzo di 1 punto percentuale

comporti, nel breve e nel lungo termine, alla riduzione del consumo di energia per unità di produzione e quindi di emissioni: questa evidenza rende l'utilizzo di combustibili fossili molto costoso (Anger e Oberndorfer 2008; Fabra e Mar,2013; Petrick e Wagner,2014; Dereck e Fezzi 2014; Andersson,2019; Pretis, 2020; Best, Burke e Jotzo 2020; Bayer e Aklin 2020). *L'Emission Trading System* è generalmente considerato come una principale applicazione degli strumenti di mercato alle tematiche ambientali. Un prototipo di scambio di emissioni di carbonio è stato proposto per la prima volta dalla Commissione Europea nel 1999 (CE,1998; CE, 1999). Questo meccanismo mira ad incentivare gli emittenti – ossia gli Stati membri che aderiscono al programma – a ridurre le emissioni di CO₂, assegnando un costo diretto alle operazioni di emissioni di carbonio. *L'European Emission Trading System* (EU-ETS) è generalmente considerato uno dei primi modelli, nonché quello più noto, istituito a partire dal Protocollo di Kyoto nel 2005 (World Bank Group,2020): esso opera secondo una logica *cap-and-trade*, in cui si stabilisce un tetto (*cap*) al numero di quote che vengono messe a disposizione degli operatori ogni anno. Nel mondo ci sono però molti tipi e varianti di ETS – si stima una media di 31 ETS attualmente in vigore a livello globale (World Bank Group,2020) – che differiscono per paesi coinvolti, struttura di funzionamento, volume di affari, tipologie di settori ed obiettivi realizzati (Grubb et al.,1999; Lefevere,2005; Delbek 2006; Grubb et al.,2006;) dagli Stati sottoposti (e non) agli impegni di Kyoto. A livello nazionale, esistono ETS regolamentati dai paesi come

Nuova Zelanda, Svizzera, Corea del Sud, Kazakistan (Talberg e Swododa, 2013; World Bank 2013). Canada e California hanno i propri sistemi di scambio di tipo regionale chiamati “*Quebec cap-and-trade system*” e “*California’s Cap-and-trade program*” : dal 2013 è in atto un progetto di collegamento “*linking*” fra i due mercati, che rendono i *carbon credits* fungibili (Ibidem; Tuerk e Zelljadt 2016). Inoltre, esistono altri mercati regionali in Nord America, come il *Western Climate Initiative* e il *Regional GHG Initiative*. Anche il Regno Unito ha avviato il proprio sistema di trading e sono già state avviate le negozioni sui *carbon credits* (Department for Business, Energy & Industrial Strategy UK 2020). La Cina ha lanciato il proprio mercato nazionale, che si aggiunge a quelli già operativi in varie regioni del paese – come in Shanghai, Guandong, Tiajin, Shenzhen - (ICAP,2021). Per quanto riguarda i paesi emergenti, in vigore dal 2021, vi è il *Mexican ETS* (Hussain, et al. 2019). Il mercato globale dell’anidride carbonica ha raggiunto nel 2020 un valore di 229 miliardi di euro (+20% su base annuale), con volumi pari a 10,3 miliardi di tonnellate di certificati. Al momento il sistema EU-ETS è il più liquido e rappresenta quasi il 90% del valore globale (Chestney,2021; Refinitiv,2021). Questo elaborato tratterà soltanto l’EU-ETS, il quale ha riscontrato fino al 2012 difficoltà di funzionamento a causa dell’eccedenza dei *carbon credits* dovuti al cap elevato. Dal 2013 (inizio della Fase 3, conclusasi nel 2020) il mercato ha attecchito perfettamente, grazie al ridimensionamento dell’offerta e alla riserva di stabilità: durante questo periodo il prezzo è passato da 8 euro a 32 euro

ovvero *baseline-and-credit*, non definisce un limite massimo annuale di emissioni totali aggregate, ma prevede che siano le imprese partecipanti a stabilire una *baseline* in base al budget di emissioni. Queste saranno incoraggiate a ridurre o a compensare le emissioni proprio in virtù del “guadagno” di crediti utilizzabili per adempiere all’obbligo previsto per l’anno successivo, oppure vendendoli alle imprese che non hanno raggiunto il livello base (Buckley et al.,2004; Carbomark,2011). I crediti sono generati *ex post*, solo dopo aver dimostrato, verificato e certificato il raggiungimento della *baseline*. Tale meccanismo si può basare sia su singoli progetti che su programmi riguardanti interi settori: la partecipazione a tali iniziative resta volontaria. Un esempio è il *Clean Development Mechanism* (CDM) (Buckley, Mestelman e Muller 2005). L’altro approccio di target assoluto, o *cap-and-trade*, si basa su un tetto complessivo del sistema per le entità partecipanti: tale limite rappresenta il target aggregato di tutte le emissioni consentite. I limiti *cap* si applicano alle emissioni dei settori industriali sottoposti al programma. Una volta definiti sia *cap* che partecipanti, i governi distribuiscono le quote di emissione negoziabili, chiamati anche *allowance*, pari al tetto massimo definito. Le aziende interessate devono presentare un numero di *allowance* equivalenti al livello di emissioni di cui sono responsabili alla fine del periodo del programma (Chen et al.,2020). Tali *carbon credits* possono essere scambiati (*trade*), acquistati o venduti, fra i soggetti che ne dispongono in eccesso – aziende che hanno bassi costi di implementazione di nuove tecnologie a bassa

emissione – e coloro che ne fanno richiesta aggiuntiva – aziende che devono far fronte a costi di conformità più elevate –. Si fornisce alle imprese un incentivo finanziario volto alla riduzione delle emissioni e al continuo innovamento. Esso è un meccanismo flessibile, utile a determinare in che modo e quando le emissioni verranno ridotte, ottenendo così massimo rendimento con il “minimo” costo (Center for Climate and Energy solutions, 2011). Attraverso il meccanismo di mercato si determina il prezzo di *carbon credits*.

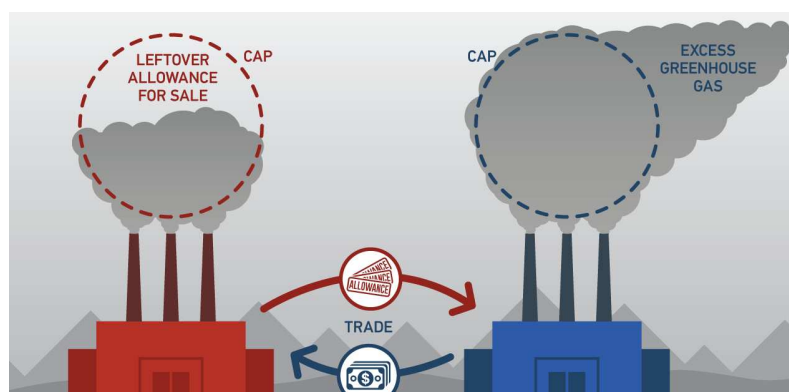


Figura 23. Funzionamento del cap-and-trade

Fonte: U.F.E.

<https://www.upperleftedge.com/2020/03/08/cap-and-trade-wont-solve-any-problems/>

L’offerta è determinata dal numero di *allowance* attribuite dal governo, mentre la domanda corrisponde alle emissioni residue che le aziende stimano di emettere – dopo aver implementato i progetti per la riduzione delle emissioni “richiesti” dai programmi –. Ogni governo deve effettuare delle scelte di design del sistema *cap-and-trade*, che si basano su:

- Campo di applicazione del programma e regolamento: Il primo passo per costruire un sistema di *CAT* è quello di definire gli obiettivi in termini di riduzione delle emissioni. I governi devono stabilire quali gas serra, fonti di emissione e settori saranno coperti dal tetto massimo. È importante precisare quali saranno le entità/aziende – nel caso dell'UE anche quali saranno gli Stati Membri– responsabili della detenzioni di *allowance*. Un'ampia gamma di settori e di gas serra coperti permette di abbattere l'inquinamento con costi minori. Per quanto riguarda il regolamento, la scelta ricade sulla partecipazione volontaria o obbligatoria: qualora fosse obbligatoria, si può usare il diritto di *opt-out* cioè di esenzione oppure di *opt-in* ovvero di aggiunta – (Governo di Ontario,2015). Un'ulteriore scelta può riguardare quali sono le entità tenute a presentare le quote di emissioni: il sistema può essere *a monte* – rivolto a produttori e agli importatori di combustibili fossili – o *a valle* cioè solo agli consumatori finali di energia o combustibili fossili (Sterk et al., 2005; German,2007; EPA 2003). Infine, lo scambio può essere basato su emissioni dirette, che coprono le fonti di inquinamento, oppure su emissioni indirette, derivanti dalla generazione di elettricità, calore e vapore consumate (Vis,2006a)
- Assegnazione delle quote: la distribuzione delle quote può avvenire tramite un'asta o assegnazione gratuita, il cosiddetto *grandfathering*, o una combinazione di esse. A seconda dei metodi di allocazione si determinano quali sono i soggetti che ottengono il valore economico dell'*allowance* (Lefevere,

2005;Vis,2006b). Le assegnazioni delle quote potranno essere aggiornate nel tempo.

- Compliance e enforcement (C2ES,2020): per misurare la conformità è importante la misurazione, il monitoraggio e il reporting delle emissioni tramite misure di controllo affidabili. In caso di mancato possesso di quote sufficienti si deve applicare una sanzione pecuniaria elevata. Periodi di conformità pluriennali possono ridurre la volatilità dei prezzi, richiedendo una resa parziale annuale utile a coprire una parte delle emissioni. Inoltre, la maggior parte dei meccanismi *CAT* permette il *banking* – cioè di incassare per venderle o risparmiare quote in eccesso per uso futuro – ma non il *borrowing*, cioè “prendere in prestito” quote da anni futuri. Questi due servizi evitano picchi di prezzo (EPA,2003). Infine, per evitare manipolazioni di mercato, si potrebbe creare un registro che tenga traccia delle transazioni così da prevenire il problema dei *double counting* delle quote, o di furti/frodi (C2ES,2020).
- Meccanismo di contenimento costi: gli *offset* sono progetti di riduzione delle emissioni intrapresi al di fuori di un sistema di *CAT* e possono ridurre i costi complessivi per il raggiungimento del limite. Le compensazioni per essere valide ed efficaci devono essere sottoposte a procedure di verifica rigorose (Z.Wang e C.Wang, 2015).

- *Links*: Si possono effettuare collegamenti nazionali e regionali fra i sistemi di quote di emissione e meccanismi flessibili previsti con il PK (Skjaereth e Wettestad, 2008).

2.4. Il Mercato EU-ETS

Il mercato *EU-ETS* rappresenta il più grande mercato del carbonio al mondo, nonché il primo sistema *cap-and-trade* transnazionale. Esso comprende 28 Stati membri dell'EU – cui vanno aggiunte Islanda, Norvegia e Liechtenstein (31 paesi totali) – e copre più di 11.000 installazioni (Borghesi e Montini, 2016). Negli ultimi anni questo mercato è stato studiato in modo approfondito dalla letteratura da un punto di vista legale, economico ed istituzionale, (Grubb et al.,2006; Tietenberg 2006; Ellerman et al.,2007; Kruger et al.,2007; Freestone et al.,2009; Grubb,2009; Tuerk et al., 2009; Convery et al.,2010; Ellerman,2010; OECD,2010; Olmstead et al., 2012; Burtraw et al.,2013; Delbeke e Vis 2015). Inoltre, vi è una corrente della letteratura che ha indagato sulla sua efficacia ambientale (Anderson e Di Maria,2011; Rogge et al.,2011b; Rogge et al.,2011; Germà e Stephan 2015; Calel et al.,2016). Negli anni Settanta venne introdotta la *Clear Air Act* negli Stati Uniti, una prima concezione di un meccanismo *cap-and-trade* per affrontare i vari problemi ambientali – in Australia era usato per ridurre consumo idrico negli anni Novanta (Borghesi,2013) –. Parallelamente nell'Unione Europea si ebbe un primo

approccio alla politica climatica col *command and control*³⁷, ma solo con la Direttiva 2003/87/CE (CE,2003) si spostò l'asse all'approccio di tipo *market-based* e nacque il meccanismo del *cap-and-trade* europeo, chiamato *EU-ETS*, che fu lanciato solo nel 2005. Con la prima direttiva vennero individuate le caratteristiche generali di funzionamento del mercato: quest'ultimo fu applicato alle emissioni di CO₂ in alcuni settori inquinanti – tra cui il settore energetico, settore di raffinazione, di produzione di metalli ferrosi e industria mineraria – dove la massima sanzione per non conformità era di 40 euro per tonnellata (CE,2021). Successivamente, con la Direttiva del 2004, c.d. *Linking Directive*, si istituì un legame di scambio fra il mercato EU-ETS e i meccanismi flessibili creati dal Protocollo Kyoto. Essa viene considerata particolarmente significativa in quanto consentì il collegamento potenziale dei due sistemi di regolamentazione attraverso l'utilizzo di porzioni di crediti generati dai principali meccanismi flessibili – *ERUs* creati dal *JI* e *CERs* creati dal *CDM* –, al fine di soddisfare gli obblighi nel mercato ETS (CE,2004). Le Direttive del 2008 e del 2009 hanno permesso di raggiungere le attuali dimensioni del mercato EU-ETS attraverso la rivisitazione del sistema: integrando nuovi settori alla regolamentazione – come il settore dell'aviazione permettendo l'uso di carbon credits per ridurre le emissioni all'interno dell'area Schengen, oppure il settore petrolchimico e dell'alluminio – e regolamentando altri gas climalteranti come il

³⁷Funziona attraverso il comando, cioè fissazione di obblighi, standard o divieti stabiliti per il settore considerato dal legislatore e poi attraverso il controllo, ovvero effettivo monitoraggio delle attività svolte dai soggetti regolamentati.

N₂O e PFC (CE,2009). Nonostante il concetto sia nato negli Stati Uniti, il mercato europeo è divenuto il primo prototipo mondiale da seguire in ambito ETS.

Le analisi delle Direttive nelle prime tre fasi (2005-2007, 2008-2012 e del 2013-2020) aiutano a definire i punti di forza e di debolezza del mercato EU-ETS. Il principale risultato riguarda la vasta scala di funzionamento del meccanismo, che consente l'aumento della concorrenza fra gli attori economici coinvolti. Ciò favorisce di gran lunga l'implementazione di modelli basati sull' *eco-innovation* volti ad una maggiore riduzione delle emissioni, poichè è ampia la possibilità di trovare acquirenti per le quote disponibili (Borghesi et al.,2016). Il *carbon pricing* favorisce l'adozione e la diffusione delle tecnologie *green* nelle imprese che non intendono optare per l'acquisto di *carbon credit* e/o che desiderano ottenere il vantaggio del *first mover* e la *leadership* tecnologica (tale "concetto" è correlato all'aumento del prezzo del carbonio) (Popp,2002; Borghesi et al.,2016). Inoltre, esistono altri vantaggi di questo sistema – come l'innovazione tecnologica indotta, l'applicazione del principio "chi inquina paga" e la flessibilità del meccanismo *market-based* rispetto a quelli *command and control* – che sono meno caratterizzanti e più generali. La prima fase (2005-2007) è vista come una fase pilota, utile ad avviare il sistema, ma già a partire dalla seconda si prevede un ampliamento nel mercato, introducendo maggiori settori nel meccanismo regolamentato e sostituendo il sistema di allocazione gratuito – utilizzato inizialmente – con un sistema ad aste, i cui incassi sono destinati al finanziamento

di misure per lo sviluppo tecnologico e ambientale o alla copertura di costi amministrativi. Questa fase coincide con il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto. La Direttiva 2009/29 abolì la competenza nazionale dei piani di allocazione fra i vari Stati membri ed incentrò i poteri decisionali nella Commissione Europea. Una strategia atta a compensare gli squilibri strutturali che si erano verificati nelle prime due fasi del CAT europeo dal 2005 al 2012, distinguibili in tre tipi: (i) volatilità dei prezzi, (ii) problemi di governance e (iii) problemi di monitoraggio. Il mercato era altamente volatile e vi erano squilibri fra domanda-offerta a tal punto che dal 2008 vi è stato un eccesso di offerta di *allowance* europee derivante dalla crisi finanziaria, che ha portato il prezzo del carbonio a zero (Koch et al.,2014; CE,2021). Inoltre, la volatilità dei prezzi fu causata dal fenomeno di sovrassegnazione delle quote, dovuta all'eccessiva libertà nel definire i piani nazionali di assegnazione (*PAN*) per le quote (Gilbert et al.,2004; Sijm 2005).



Figura 24. Evoluzione temporale dei prezzi EUA. Fonte: Frontier, 2021

Si registrarono differenze a livello di allocazione – la maggior parte degli Stati assegnò le quote a titolo gratuito nella fase iniziale, mentre una minoranza usò il sistema ad asta (Betz et al.,2004; Betz e Sato, 2006) – e nella scelta del criterio di allocazione, ovvero l’uso del criterio delle emissioni storiche che danneggiava le imprese virtuose in quel periodo o quelle poco mature che si trovavano in forte espansione –. Alle nuove imprese si riservava una quota di *carbon credits*, variabile a seconda del paese: 1% del budget ET in Germania, Austria e Slovenia e il 20% in Lettonia – o *standard* di conformità più elevati (Betz et al.,2004) ; inoltre, vi furono difficoltà di accordo fra i vari Stati membri nella scelta del *benchmark* per l’allocazione dei nuovi entranti: alcuni paesi usufruirono delle migliori tecnologie disponibili come *benchmark*, mentre altri utilizzarono i livelli di emissioni specifici per prodotti– (Betz et al.,2004). Infine, la Commissione Europea adottò un Registro dell’Unione per monitorare i volumi scambiati, in sostituzione di quelli nazionali, e venne creato un sistema standardizzato di registrazione comune, chiamato *European Union Transaction Log (EUTL)*, utile a verificare la conformità alle norme del sistema per rendere il meccanismo più trasparente e contrastare il fenomeno delle frodi e dei doppi conteggi (Regolamento CEE 389/2013) – come quello avvenuto nelle borsa di Parigi con la frode dell’imposta sul IVA (Frunza et al.,2011) –. Nel 2013, per far fronte a queste debolezze strutturali, la Commissione Europea propose un’iniziativa di *backloading*, ovvero modifiche del calendario

delle aste, posticipandole per il periodo 2014-2016 per un valore di 900 milioni di quote. Questo strumento rappresentava soltanto una soluzione temporanea (De Perthuis et al.,2014). In aggiunta, la CE ridusse il *cap* per le allocazioni delle quote ed aumentò la sanzione di inadempienza arrivando a 100 euro per tonnellata.

Anche nella terza fase, il sistema fu ristrutturato tramite l'introduzione di un *cap* unico europeo per il livello di emissioni con lo scopo di evitare i problemi di governance verificatisi con i *cap* nazionali nelle fasi precedenti. Per evitare shock futuri nel mercato EU-ETS, la Commissione Europea ha istituito una riserva stabilizzatrice del mercato (MSR), sicchè tale “dispositivo” gestisca la sovrassegnazione e il surplus di offerta delle *allowance* ed aumenti la stabilità adeguando le *EUA* (*european allowance*) a seconda delle circostanze di mercato. Nonostante sia stata proposta nel 2015, è entrata a pieno regime in modo automatico solo a partire dal 2019 (Kollenberg e Taschini 2016; COM,2021). In linea con il quadro delle politiche per il clima per il 2030, entrerà in vigore la fase quattro (2021-2030), che prevede una riforma del sistema EU ETS, con la revisione del meccanismo del *carbon leakage*. Nello specifico, l'assegnazione gratuita delle quote di emissioni per i settori industriali ad alto rischio di rilocalizzazione delle emissioni - prodotte a causa dei costi competitivi del carbonio al di fuori dei confini comunitari – e, entro il 2030, i settori interessati dal meccanismo dovranno diminuire le proprie quote di emissione del 43% rispetto ai livelli del 2005 (CE,202; Calvi 2021). Benchè il sistema EU-ETS sia considerato il perfetto prototipo in

ambito ETS, nel corso degli anni ha dovuto gestire e risolvere gli squilibri strutturali al fine di aumentare l'efficacia del sistema, raggiungendo i valori record ottenuti nel 2020 e diventando il sistema precursore transfrontaliero in regime *cap-and-trade*.

2.4.1. *Settori industriali coinvolti*

Il sistema EU-ETS nel periodo fra il 2005 e il 2020 ha limitato le emissioni di circa 10.000 installazioni e impianti in vari settori, tra cui quello energetico, dell'industria manifatturiera e quell'aviazione. Il sistema copre circa il 40% delle emissioni dell'UE (ICAP,2021). Nel 2018 le emissioni complessive di GHG sono di 3893 MtCO₂e che riguardano solo quelle dell'UE-27 e, dal 2021, si escluderà dal computo totale il Regno Unito (ICAP,2021). Le emissioni per settori a livello europeo vedono primeggiare il settore energetico con 2907,1 MtCO₂e ed i processi industriali con 343,5 MtCO₂ (ICAP,2021)

La Direttiva 2003/87/CE prevedeva, nella fase pilota del sistema, l'inclusione al sistema EU-ETS delle industrie pesanti, come quella di produzione e trasformazione di metalli ferrosi, le industrie minerarie e gli impianti che generano energia elettrica ad alto tasso di emissione di anidride carbonica, definiti impianti fissi. Nel corso degli anni ed in seguito alle continue ristrutturazioni del sistema EU ETS, l'elenco dei settori è stato ampliato. Solo a partire dal 2012 viene regolamentato il settore dell'aviazione – tutti i voli che arrivano o partono dal

territorio europeo – (CE,2021). Inoltre, il sistema copre le emissioni non solo di anidride carbonica (CO₂), ma di protossido di azoto (N₂O) e perfluorocarburi (PFCs). In alcuni settori la partecipazione avviene solo attraverso il superamento di un livello di emissioni minimo, le aziende emettitrici di meno di 25 mila tonnellate di biossido di carbonio e impianti di combustione con potenza termica inferiore di 20 MW non sono sottoposti a normativa (CE,2021). Nella tabella vengono riportati i settori monitorati dalla normativa europea:

SETTORE ATTIVITÀ	
Produzione elettrica e di calore	a) Centrali elettriche e altri impianti di combustione di oltre 20 MW b) Raffinerie di petrolio c) Cokerie
Produzione e trasformazione dei metalli ferrosi	d) Impianti arrostitimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati e) Impianti di produzione di ghisa e acciaio f) Impianti destinati alla produzione di cemento oppure di calce viva considerando che i forni devono >50 tonnellate al giorno g) Industria prodotti minerali h) Impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici: tegole, mattoni, piastrelle, gres, vetro, porcellane con impianti che producono >75 tonnellate al giorno
Altre produzioni industriali	Impianti industriali per la fabbricazione di:

	<ul style="list-style-type: none"> a) Pasta per carta dal legno e materiali fibrosi b) Carta e cartoni
Aviazione	<ul style="list-style-type: none"> a) Aviazione commerciale e internazionale se >10000 tCO₂/anno b) Aviazione non commerciale >10000 tCO₂/anno
Altre attività industriali	<ul style="list-style-type: none"> a) Impianti d cattura e stoccaggio di carbonio b) Produzione di prodotti petrolchimici, ammoniaca e metalli non ferrosi, gesso e alluminio c) Produzione di acido citrico e adipico

Tabella 3. Impianti operanti ne mercato EU ETS
Fonte: Direttiva comunitaria 2009/29/CE

2.4.2. Titoli scambiati

Il *carbon market* non può essere definito facendo riferimento ad un'unica tipologia di merce/titolo o di contratto. Questo mercato comprende una vasta gamma di transazioni attraverso le quali vengono scambiate quantità di quote di emissioni di carbonio. Un *carbon credit* è un termine generico che identifica qualsiasi permesso, certificato o titolo negoziabile o unità di carattere finanziario che consente all'azienda che lo detiene il diritto di emettere una certa quantità di anidride carbonica – pari a una tonnellata di CO₂ – o la quantità equivalente di un diverso gas serra (tCO₂e). Questi titoli potranno poi essere acquistati e/o venduti su un apposito mercato, per un determinato periodo (Lester,2021). Il credito

rappresenta una pratica agricola o forestale, un qualsiasi progetto rispettoso dell'ambiente in grado di ridurre, evitare, catturare o distruggere emissioni di GHG. Ogni operatore attivo nel mercato ETS e sottoposto alla normativa – sia esso un'azienda, un privato o un ente – deve compensare su base annuale le proprie emissioni effettive – controllate attraverso uno standard di terze parti – con un corrispondente quantitativo di *carbon credits* (CE,2003). Nel mercato europeo, i *carbon credits* per gli impianti fissi vengono denominati *European Union Allowance*, EUA. Per il settore dell'aviazione valgono quote speciali denominate *European Union Allowance Aviation* (EUAA). Queste due tipologie non sono fungibili, poiché vi sono particolari regole per il trasporto aereo (GSE,2012). A seguito della *Linking Directive*, i partecipanti all'EU-ETS potevano utilizzare e commercializzare *carbon credits* internazionali, generati dai due meccanismi istituiti nell'ambito del Protocollo di Kyoto: i CERs ottenuti dal CDM e i ERUs creati dal JI, considerati perfettamente equivalenti ad un unità di EUA (AMB Studio,2020). I progetti JI e CDM garantivano ai paesi economicamente sviluppati come l'Unione Europea, di rispettare gli obblighi di emissione e partecipare a progetti di investimento in paesi in via di sviluppo introdotti nell'EU-ETS, con il solo scopo di scoraggiare il fenomeno del *carbon leakage* e di favorire lo sviluppo degli investimenti *low-carbon* europei (AMB Studio,2020). Ciò nonostante, il loro impiego è stato ridotto e sottoposto a restrizioni quali-quantitative: in Europa, infatti, i *carbon credits* internazionali provenienti da progetti nucleari, da attività legate ai

cambiamenti d'uso del suolo o di foreste (LULUCF) non vengono accettati (CE,2020). Nella fase 2 (2008-2012) del mercato EU-ETS, l'utilizzo di crediti internazionali era di 1058 miliardi di tonnellate – solo alcuni CERs emessi nel 2016 potevano essere utilizzati in modo parziale nell'*offsetting* dell'industria aeronautica CORSIA – mentre l'utilizzo per la conformità nell'Emission Trading System europeo avverrà solo fino 2020 (Nasralla e Twidale 2021). I prezzi dei crediti CDM sono crollati a partire dal 2013, raggiungendo livelli inferiori a 1 euro (Nasralla e Twidale 2021). Pertanto, dal 2021 i due *flexible mechanism* di Kyoto saranno neutralizzati e non sarà possibile scambiare tali crediti nel sistema EU ETS, reso necessario soprattutto a causa della difficoltà nel trasferire e trattare i vecchi crediti di Kyoto nel nuovo sistema dovuto al particolare problema del doppio conteggio (Nasralla e Twidale 2021).

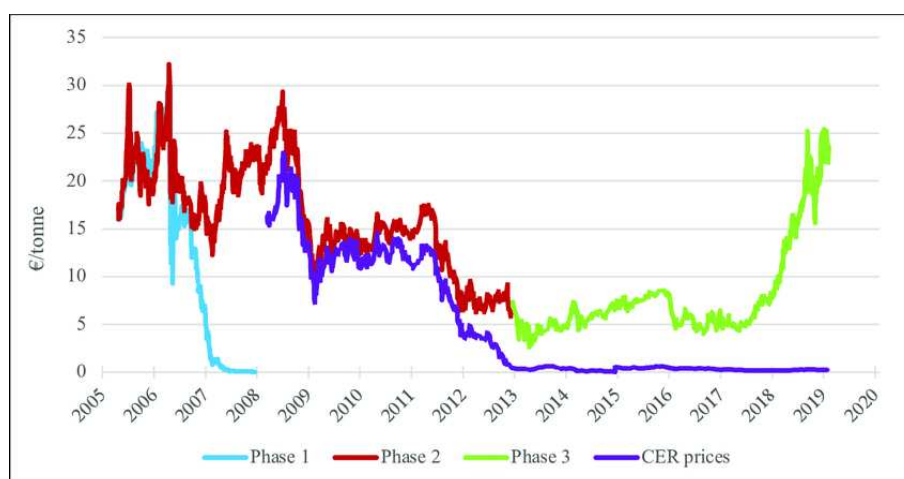


Figura 25. Prezzi EUA e CERs tra il 2005 e il 2020
 Fonte: FSR, 2020
<https://fsr.eui.eu/eu-emission-trading-system-eu-ets/>

Infine, occorre precisare che una volta che le quote di *carbon credits* europei vengono immesse nel mercato primario, esse potranno essere scambiate anche nel mercato secondario. Chiunque - individuo o società - disponga di un conto nel Registro Unico dell'UE può acquistare e vendere EUA. Sebbene EUA, CERs e ERUs siano intercambiabili ed abbiano lo stesso obiettivo, sui mercati sono commercializzati prodotti di EUA diversi, che differiscono a seconda del contratto: si tratta di contratti *spot* e prodotti derivati di quote EU-ETS (*futures, forward* e opzioni), nonché i relativi spreads (EEX,2021). In Europa, il volume degli scambi di futures e opzioni di EUA ha raggiunto 3,5 milioni di tonnellate nel secondo trimestre 2021 (ISDA,2021).

2.4.3. *Allocazioni delle quote: a titolo gratuito e le aste*

Il limite dell'emissione *cap* viene ridotto ogni anno in funzione degli obiettivi generali di lungo termine intrapresi dall'Unione Europea. Nel 2013 il *cap* è stato pari a 2084 miliardi di permessi, e quindi ridotto annualmente dell'1,74% fino a raggiungere nel 2020 un livello target inferiore del 21% rispetto al 2005. Nella fase IV (2021-2030) la riduzione annuale sarà portata al meno 2,2%, proprio per accelerare il raggiungimento degli obiettivi entro il 2030. Definire il numero massimo di permessi che dovranno essere allocati determina come le aziende reagiscono al sistema di ETS, in termini di costi o valori aggiunti per la società. Stabilire il metodo di allocazione è un punto focale poiché da esso derivano

implicazioni finanziarie dirette nelle industrie – come nei volumi di produzione, ubicazione di nuovi investimenti e i costi delle emissioni per le aziende – (ICAP,2021). L’assegnazione delle quote può essere gratuita o attraverso la vendita tramite aste. Dalla sua attuazione, l’ETS europeo ha subito numerose riforme sostanziali: uno dei cambiamenti più rilevanti è l’assegnazione delle quote. Nella fase I (2005-2007) e nella fase II (2008-2012) le quote venivano assegnate solo gratuitamente ed erano decentralizzate, ma già nella fase III (2013-2020), il processo di allocazione ha seguito un metodo armonizzato per evitare disuguaglianze fra le aziende: il volume totale delle quote viene determinato a livello europeo, mentre la vendita all’asta delle quote diventa il meccanismo di assegnazione predefinito per il settore energetico (FSR,2021). Tuttavia, per quei settori esposti al *carbon leakage* – il settore industriale e dell’aviazione – persiste l’assegnazione di quote gratuite, con coefficienti sempre più stringenti, in base al rischio di delocalizzazione delle emissioni di carbonio in paesi extra-UE, basato sull’efficienza degli impianti rispetto ai 53 *benchmark* specifici di prodotto, definiti dalla Commissione Europea. I *benchmark* vengono calcolati sulla base dell’intensità di gas serra, espressi in tonnellate di CO₂, basandosi sulla performance media delle installazioni appartenenti al 10% delle *Best Available Technology (BAT)* (ICAP, 2021). In questo modo il valore di assegnazione sarà calcolato moltiplicando il *benchmark* per il valore di produzione storica dell’impianto, così da orientarsi verso aziende virtuose e meno inquinanti. Inoltre,

è possibile applicare un approccio *fall-back*, che alloca i *carbon credits* aggiuntivi qualora l'impianto aziendale produca prodotti non coperti dal *benchmark* (ICAP, 2021). Occorre precisare che attualmente l'EU-ETS effettua un'allocazione delle quote di tipo misto: la maggior parte (57% delle quote) tramite asta e la parte restante (43%) a titolo gratuito (ICAP, 2021). Una volta individuato l'ammontare dei *carbon credits* gratuiti da destinare alle aziende, quest'ultimo viene sottratto al "totale *cap*": in questo modo si ottiene – per differenziale – la quantità da immettere tramite asta. Fino al 2012, tutti i settori hanno ricevuto la maggior parte delle rispettive quote gratuitamente (ICAP, 2021).

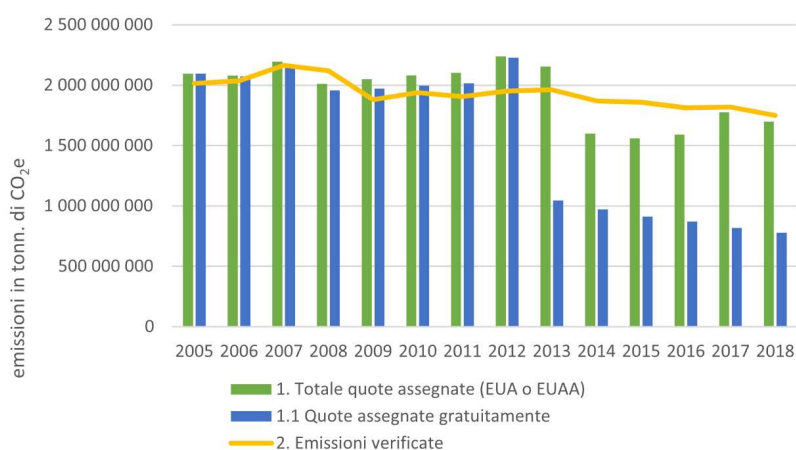


Figura 26. Allocazione delle quote dalla fase I fino alla fase III.
 Fonte: Corte dei conti europea, Agenzia Europea per l'ambiente
<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/emissions-trading-system-18-2020/it/>

Dal 2021, i volumi di assegnazione gratuita sono diminuiti per via dei coefficienti di emissioni per prodotto più stringenti. Ciò ha spinto le industrie ad acquistare i permessi sul mercato e ad influenzare il prezzo del carbonio. Infine, i

parametri vengono adeguati in base ai tassi di riduzione annui previsti per le annate 2021-2025 e 2026-2030. Già dal 2013 l'assegnazione dei *carbon credits* avviene a titolo oneroso attraverso la piattaforma ufficiale e regolamentata della Commissione Europea, chiamata *Common Auction Platform* (EU CAP2) e gestita dalla *European Energy Exchange* (EEX) con sede a Lipsia. Questo meccanismo si svolge anche nella *ICE Futures Europe* (ICE UK) che ha sede a Londra – sebbene dal 2018 le sessioni d'asta sono state sospese – (GSE,2019). Le aste EU-ETS si tengono una volta alla settimana per circa 2-3 milioni di EUA validi per il periodo 2021-2030 (NE,2021). Così come nei mercati azionari, obbligazionari o delle *commodities* anche nel mercato ETS avvengono le aste multi-unità, il cui design deve comprendere (Evans e Peck,2007; Kachi e Frerk 2013): (i) Frequenza e orario: è importante determinare la frequenza delle aste e il calendario così da ridurre gli impatti sul mercato secondario e permettere una partecipazione degli operatori elevata; (ii) Determinazione del prezzo: i prezzi delle aste possono essere *pay-as-bid*, ossia gli offerenti specificano un prezzo per ogni unità che desiderano acquistare, oppure prezzi uniformi, dove tutti gli offerenti ricevono lo stesso prezzo; (iii) Formazione dell'offerta: che può essere dinamica o sigillata. Il mercato ETS usa quella sigillata perché i partecipanti presentano un'unica offerta; (iv) Determinazione della partecipazione alle aste così da mantenere bassi i costi, ma considerando solo i meritevoli di credito ed infine (v) Istituzione di un soggetto per la vigilanza del sistema e la pubblicazione delle informazioni. Per i *carbon markets*

o ETS nel mondo il meccanismo di vendita seguirà: un *round* singolo per ciascuna asta, offerta sigillata e *clearing price* (Cramton e Kerr 2002; Lopomo et al.,2011). La gestione delle aste europee è definita nel *Regolamento Aste*, in cui sono riportati gli elementi di funzionamento della vendita tramite asta (GSE;2012):

- Lato offerta, vi sono gli Stati Membri che detengono l'ammontare delle quote e ogni Paese definisce il Responsabile del Collocamento (*Auctioneer*) che opera all'interno del mercato per conto dello Stato;
- Lato domanda, vi sono le categorie degli operatori sottoposti all'EU ETS che saranno rappresentati da soggetti che forniscono servizi in ambito finanziario e possono accedere alle aste;
- Meccanismo di svolgimento delle aste, ossia le procedure per l'incontro fra domanda e offerta delle quote che avverrà nella Piattaforma d'asta (*Auction Platform*), dove si determinano anche il prezzo, il volume minimo, le modalità contrattuali e la calendarizzazione;
- Definizione di un ente di vigilanza garante di un sistema corretto e giusto, cosiddetto Sorvegliante Unico d'Asta (*Single Auction Monitor*).

Occorre sottolineare che nel Regolamento Aste è riportato l'elenco dei partecipanti alle aste che hanno l'obbligo di conformità nell'ambito della Direttiva ETS, ma recentemente vi possono partecipare anche *traders*, imprese di investimento, enti creditizi ed *hedge fund* – al fine di controbilanciare il rischio legato al clima nei portafogli – (Fjellheim,2021). Il quantitativo di EUA messo

all'asta nel 2020 è aumentato del 32% rispetto all'anno precedente, raggiungendo circa 779 milioni (GSE,2020). Rispetto al passato, l'interesse per le aste rimane elevato, ma il livello di partecipazione media e gli aggiudicatari delle quote è esigua nel 2020, circa di 23 partecipanti e 16,9 aggiudicatari (Figura ..).

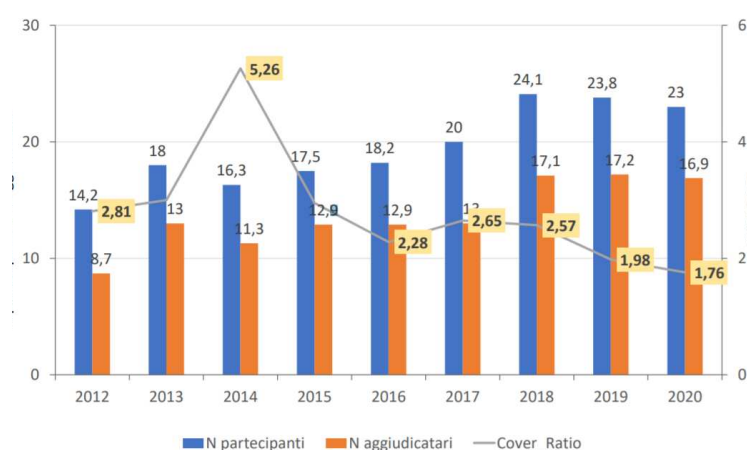


Figura 27. Andamento annuale dei valori medi di partecipanti e aggiudicatari delle aste

Fonte: GSE 2020.

https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20ASTE%20CO2/20200304_Rapp_GSE_Aste_ANN_2020.pdf

Per quanto riguarda i ricavi della messa all'asta delle quote EUA, essi sono in costante crescita: ciò si deve ai maggiori volumi e all'aumento del prezzo. Nel 2020 i ricavi provengono per la maggior parte dalla Polonia, per un totale di 3155 milioni di euro, cui segue il Regno Unito con 2652 milioni di euro, mentre al terzo posto figura la Germania con 2642 milioni euro. L'Italia si colloca al quinto posto in questa classifica. L'Unione Europea attraverso la Direttiva ETS garantisce, inoltre, che i proventi delle aste fossero destinati per almeno il 50% a sostegno degli investimenti per la lotta al cambiamento climatico— come per la riduzione di CO₂,

sviluppare energie rinnovabili, combattere la deforestazione e finanziare la cattura e lo stoccaggio del CO₂ – (CE, 2003).

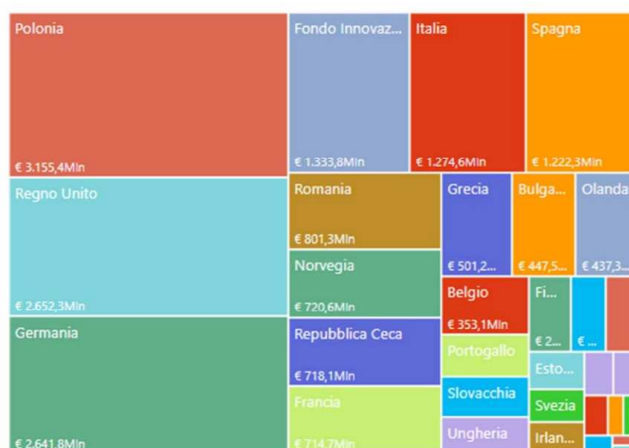


Figura 28. Distribuzione dei ricavi per paesi
Fonte: EEX e GSE, 2020.

https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20ASTE%20CO2/20200304_Rapp_GSE_Aste_ANN_2020.pdf

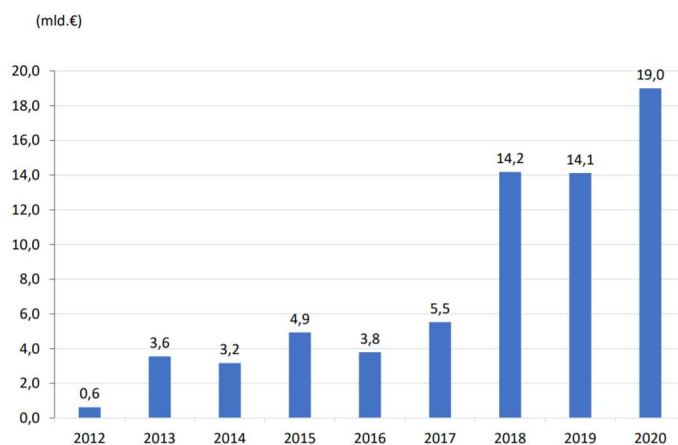


Figura 29. Ricavi delle aste nell'UE27.
Fonte: GSE, 2020.

https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20ASTE%20CO2/20200304_Rapp_GSE_Aste_ANN_2020.pdf

2.4.4. *Il trading e la piattaforma, la supervisione e il controllo*

Al fine di creare un mercato dei carbon credit in Europa, l'Unione Europea ha previsto tramite la Direttiva ETS che questi possano essere oggetto di compravendita. Invero, l'*emissions trading* è un sistema dove le imprese emittenti, sottoposte a conformità, devono ottenere una quota di EUA – rilasciata dall'Autorità competente – per ciascun'unità di emissione effettuata; in caso di superamento del limite e per evitare sanzioni, le quote devono essere acquistate sul mercato per adempiere agli obblighi. In fase di allocazione iniziale dei *carbon credits* e date le divergenze fra gli operatori dei costi marginali di abbattimento delle emissioni– per alcune aziende è più facile economicamente ridurre le emissioni incrementando gli investimenti in tecnologie *low carbon* rispetto alle altre (Yeldan,2020) - sarà conveniente negoziare le *allowance* dove il prezzo viene determinato dall'incontro fra domanda ed offerta. Alla fine di ogni anno, le aziende che dispongono di un numero sufficiente per coprire le unità di emissioni venderanno le quote quando il prezzo (cioè il ricavo marginale di questa azione) è maggior del costo marginale di abbattimento. Per altri operatori sarà conveniente comprare *carbon credit* in quanto il costo marginale – prezzo delle quote– è minore del ricavo marginale, ovvero il costo di abbattimento delle emissioni risparmiato comprando un *allowance* in più (Musu,2017). Finché il prezzo dei *carbon credit* è *fair* e rimane ad un livello intermedio tra i costi marginali di abbattimento, agli operatori conviene effettuare attività di *trading*. Le quote possono essere acquistate

e vendite anche dai soggetti che non rientrano negli obblighi legislativi del sistema di EU-ETS, nonché da “qualsiasi” persona fisica o giuridica sia privata che pubblica (CE,2003). Per la commercializzazione delle quote, la *conditio sine qua non* prevede che i soggetti debbano essere titolari di un conto proprio chiamato “conto deposito personale” presso i Registri Nazionali (CE,2003). Le transazioni possono avvenire in via diretta fra le parti – lo scambio bilaterale viene effettuato in modo automatico nei conti deposito fra acquirente e venditore – oppure attraverso le piattaforme di scambio, le cosiddette “borse dei fumi”, che rivestono il ruolo di intermediario *central counter party* nelle transazioni – assumendo a carico il rischio finanziario e assicurando l’effettivo trasferimento delle quote– (Fabbri e Cicigoi,2007). A livello europeo le piattaforme attive sono: *Nordpool* con sede in Norvegia, che offre sia servizio di *trading* e *clearing*: essa opera principalmente nei paesi del Nord Europa ed è stata la prima piattaforma a scambiare certificati CER – ora è stata acquistata dal *NASDAQ OMX Commodities Europe* –, *Powernext* in Francia, dove vengono eseguite contrattazioni riferite al settore dell’energia, *EXAA* (*Energy Exchange Austria*) in Austria, in Spagna la *Sendeco2*, in Italia *GME* (*Gestore del Mercato Elettrico*) e, infine, in Germania *EEX* (*European Energy Exchange*) che è la principale piattaforma per le negoziazioni. Benché esistano i mercati regolamentati, gli operatori possono utilizzare anche l’OTC ricorrendo a broker individuali o trader, ma il ricorso a questo canale è diminuito in modo progressivo dovuto all’obbligo di compensazione EMIR in Europa (CE 2020)

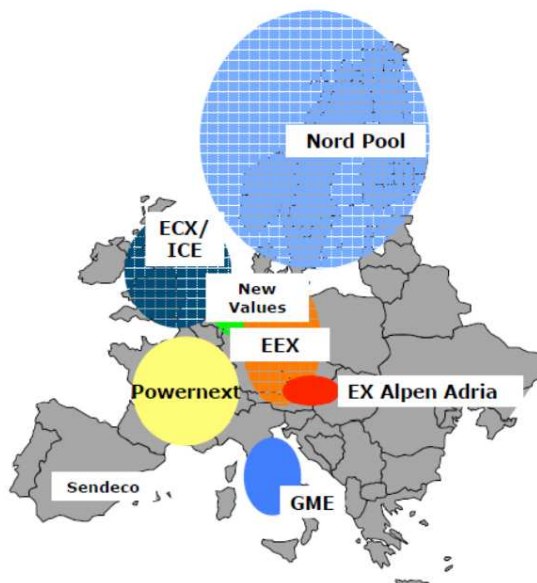


Figura 30. Mappa delle principali piattaforme di EUA
 Fonte: Nord Pool
<https://www.nordpoolgroup.com/>

Dal 2028, le quote di emissione e i relativi derivati saranno considerati un vero e proprio strumento finanziario: ciò comporta che il EU-ETS deve sottostare alle regole europee sui mercati degli strumenti finanziari, così da garantire l'aumento della protezione del consumatore, la supervisione e la trasparenza del mercato e prevenire la manipolazione di mercato (CE,2018). Ogni anno mediante operazione di verifica nel rispetto degli impegni di emissioni preposti vengono controllate le quote allocate; inoltre, le quote che risultano non emesse possono essere rimesse in circolazione attraverso vendita diretta o di terzi e ogni 31 marzo le aziende comunicano il quantitativo di emissioni prodotte da parte degli impianti

(Fabbri e Cicigoi,2007). L'ammontare viene poi controllato da un ente di supervisione e, nel caso in cui il *cap* sia rispettato, ogni 30 di giugno, si provvede alla cancellazione delle quote relative all'operatore (Fabbri e Cicigoi,2007).

2.5. *Voluntary carbon market: la struttura e gli standards*

Per ridurre l'impronta del carbonio e raggiungere gli obiettivi prefissati nel protocollo di Kyoto (e poi nell'accordo di Parigi), alcune regioni del mondo o entità politiche – come l'Unione Europea, il Regno Unito o il Giappone – dispongono già di un *carbon market* obbligatorio che copre alcune specifici settori industriali e determinati tipi di gas serra. In linea con lo schema di conformità anche molti altri settori e aziende si sono impegnati a compensare le emissioni partecipando in via volontaria ai *carbon markets* (Favasuli e Sebastian 2021). Il *voluntary carbon market (VCM)* è considerato il precursore del mercato regolamentato – considerando che il primo investimento volontario per il sequestro di CO₂ avvenne nel 1989, molto prima del lancio dell'EU ETS nel 2005 (Hamilton et al.,2007). Tuttavia, solo dalla fine degli anni 2000 questo ha avuto una forte crescita: a differenza del mercato obbligatorio - che interessa solo “grandi emettitori” - quello regolamentato riesce a coinvolgere anche i piccoli e medi emettitori (Carbomark-LIFE+,2011). Nel 2021 i mercati volontari di carbonio hanno raggiunto una forte espansione: il valore di mercato è aumentato quasi del 60% rispetto al 2020,

registrando vendite per 748 milioni di dollari (239 milioni di crediti), spinti dal crescente interesse a raggiungere gli obiettivi climatici di Parigi e dall'ambizione aziendale per ottenere emissioni zero (Ecosystem Marketplace 2021). Secondo le stime della Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets (TSVCM), il mercato dei *carbon credits* potrebbe raggiungere un valore complessivo di 50 miliardi di dollari entro il 2030 e la domanda aumentare 100 volte entro il 2050 rispetto ai livelli del 2020 (Blaufelder et al.,2021). Le aziende, i governi, i comuni, le ONG, gli individui e le università possono compensare le proprie emissioni diventando *carbon neutral* al di fuori di un mandato normativo: spesso interessate alla salvaguardia della reputazione oppure guidati dall'etica e dalla *corporate social responsibility* (CFI,2021). Benchè l'azzeramento volontario totale o parziale delle emissioni riguardi perlopiù la sfera etica, molto spesso esso diventa fattore di marketing - cosiddetto *green marketing* - di competitività e di strategia per la riduzione dei costi di produzione nel medio- lungo periodo(Romano,2010).

La letteratura accademica, come nel caso dei *mandatory offset markets*, ha approfondito anche la tematica del mercato volontario, analizzandone il funzionamento e i potenziali benefici-difetti (Bellassen e Leguet,2007; Gillenwater et al., 2007; Bumpus e Liverman,2008; Corbera et al.; 2009), la legittimità di tale mercato e l'evoluzione futura (Backstrand e Lovbrand,2006;Lovell et al.,2009; Blum e Lovbrand,2019; Lang et al.,2019; Kreibich e Obergassel,2019; Fearnough,2020; Streck,2021). In merito alla struttura, questa è molto simile a

quella degli *emission trading* regolamentati. Al centro del sistema volontario, infatti, vi è il *carbon credit*, ossia il corrispettivo di una tonnellata di anidride carbonica equivalente non emessa nell'ambiente. Poiché i *carbon credit* del mercato volontario non possono essere utilizzati nei mercati regolamentati, essi tendono ad essere più economici, in virtù del maggiore sviluppo di progetti e azioni in grado di consentire alle aziende di ridurre e mitigare le emissioni (Carbon Offset Guide;2021). I *voluntary carbon credit* dirigono il capitale privato verso progetti di azione per il clima e per la società – come protezione della biodiversità, miglioramento salute pubblica e prevenzione dell'inquinamento – che altrimenti non decollerebbero (Blaufelder et al.,2021). Non essendo vincolati da confini geografici o politici ed in virtù della volontarietà implicita, i *voluntary carbon credits* sono caratterizzati da flessibilità. Questo aspetto riesce a colmare eventuali divari tra ambiziosi obiettivi e la capacità di fornire riduzioni delle emissioni interne (Nicholls,2018) e facilita la mobilitazione di capitale nel Sud del mondo – dove c'è maggior potenziale per progetti economici di riduzione delle emissioni –. Per di più, vengono compresi un'ampia gamma di programmi, progetti entità, settori, standard e protocolli: la presenza di tali e numerosi fattori che influenzano il loro prezzo, rendono questi strumenti allo stesso tempo altamente frammentati e complessi. Infatti, i prezzi riflettono questa realtà e influenzano la trasparenza del mercato: qualora gli acquirenti abbiano obiettivi diversi e a seconda dei obiettivi del progetto, il valore di un credito può essere alto oppure inferiore (Carbon Offset

Guide;2021). Per questo motivo, negli attuali mercati volontari, il prezzo di un carbon credit varia da pochi centesimi per tonnellate di CO₂, a prezzi intermedi come 15 o 20 \$/mtCO₂e fino a raggiungere 100\$ o 300\$/mtCO₂e.

I principali attori al mercato di carbonio sono quattro e comprendono (Favasuli e Sebastian,2021): (i) Gli sviluppatori del progetto – che rappresentano la parte a monte del mercato – ossia coloro i quali creano i progetti che rilasciano *carbon credits* (che variano a loro volta da progetti su larga scala in stile industriale a quelli di nicchia). Gli sviluppatori del progetto possono impiegare diverse attività per produrre compensazioni: dall'installazione di infrastrutture per l'energia rinnovabile, come turbine eoliche o pannelli solari, alla piantagione di alberi che rimuovono e immagazzinano il carbonio dall'atmosfera. Un soggetto appartenente a questa categoria è *ClimateCare* con sede nel Regno Unito – uno dei mercati di compensazione volontaria globali più “antichi” e membro fondatore di B Corporation –. Ogni *carbon credit* creato contiene l'anno in cui è stato emesso e la data in cui sarà disponibile sul mercato. A causa del COVID-19, che ha rallentato lo sviluppo dei progetti e l'allungamento dei tempi di certificazione degli stessi, si è verificato un lieve calo dell'offerta di *carbon credits*. Quindi si hanno i (ii) Compratori finali – che rappresentano la parte a valle del mercato – costituiti da aziende o singoli consumatori che si impegnano a ridurre le emissioni di GHG. Gli acquirenti finali sono molto eterogenei e spaziano fra aziende tecnologiche (*Apple* e *Google*) major petrolifere e del gas (*Royal Dutch Shell*), compagnie aeree

(*EasyJet*) e multinazionali dell'e-commerce (*Amazon*). Molteplici settori si stanno unendo al mercato per coprirsi dai rischi finanziari – compresa la finanza, come dimostra il lancio di una piattaforma pilota per la compravendita delle banche globali canadese (*Canadian Imperial Bank of Commerce*) e australiana (National Australia Bank) –. Al contrario, la domanda è in fortissima crescita nonostante le difficoltà legate alla pandemia. Proprio per collegare domanda e offerta, ci sono (iii) broker, traders e commercianti al dettaglio, come avviene nei mercati delle materie prime. Questi soggetti acquistano grandi quantità di crediti direttamente dal fornitore e poi li rivendono agli acquirenti finali, raggruppando i crediti in portafogli e guadagnando una commissione su ogni vendita di tale pacchetti. Sebbene le transazioni avvengano nell'OTC, stanno emergendo anche alcune borse del carbonio. Tra i più grandi scambi a livello globale ci sono: Xpansiv CBL con sede a New York, AirCarbon Exchange (ACX) con sede a Singapore (Favasuli e Sebastian, 2021). Nel 2021 è stato lanciato Climate Impact X (CIX), con sede a Singapore, che si occuperà di *carbon credit* di alta qualità – che soddisferanno alcuni degli obiettivi posti dalle Nazioni Unite –. Le borse hanno il compito di rendere il mercato più trasparente e meno complesso, standardizzando i prodotti. Attualmente i traders preferiscono i prodotti a termine in vista dell'aumento della domanda di *carbon credit*, mentre gli acquirenti finali preferiscono prodotti non standardizzati in quanto non permette l'approfondimento della specificità di ogni progetto sottostante così da evitare potenziali accuse di *greenwashing* (Favasuli e

Sebastian,2021). La particolarità di questo mercato è la sovrapposizione dei ruoli tra i vari operatori: tutti questi gruppi possono commercializzare crediti ad un acquirente o a uno sviluppatore e può organizzare la vendita diretta.

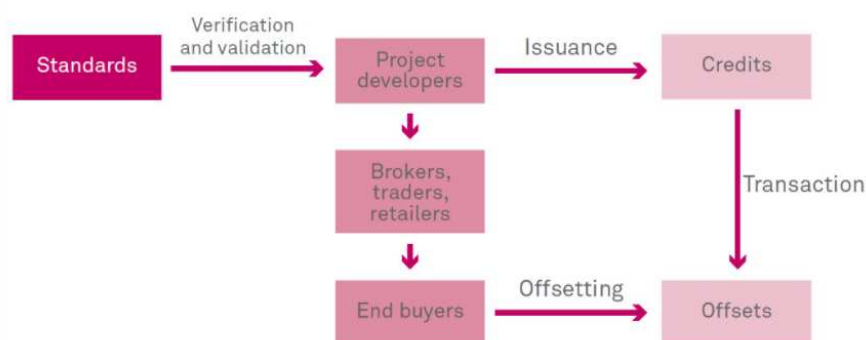


Figura 31. Struttura del voluntary carbon market

Fonte: S&P Global Platts

<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/blogs/energy-transition/061021-voluntary-carbon-markets-pricing-participants-trading-corsia-credits>

Infine c'è un quarto attore unico nel *voluntary carbon market*: (iv) gli *standards*, ossia organizzazioni o enti privati, di solito ONG, che certificano e verificano che i progetti soddisfino gli obiettivi e volumi di emissioni dichiarati. Le certificazioni da parte degli standard garantiscono inoltre alcuni principi fondamentali del *carbon finance* (Favasuli e Sebastian,2021): (i) l'addizionalità – fattore chiave per l'eleggibilità dei progetti – (ii) la permanenza, ossia l'impatto della riduzione delle emissioni di GHG non dovrebbe essere a rischio di inversione e dovrebbe comportare un calo permanente, assenza di sovrastima – (iii) la riduzione delle emissioni di CO₂ dovrebbe corrispondere al numero di crediti di

compensazione emessi per il progetto – e infine (iv) il reclamo esclusivo, ovvero ogni tonnellata di CO₂ può essere rivendicata solo una volta e deve includere la prova del ritiro del credito alla maturazione del progetto. Un credito diventa una compensazione (c.d. *offset*) al momento del “pensionamento”. Ad oggi non esiste un unico standard globalizzato per il VCM, sebbene gli standard stessi differiscano nelle metodologie e/o nei requisiti per ogni tipo di progetto sul carbonio. Tra i vari standard di certificazione esistenti, il principale è Verified Carbon Standard (VCS) di Verra che diffonde quasi il 70% dei nuovi carbon credit (35 milioni di tCO₂e nel 2021) e l’80% dei ritiri (31 milioni tCO₂e nel 2021) – dovuto alla forte specializzazione di questo standard sui progetti forestali – (Madaprojects,2021). Segue il SustainCert del Gold Standard - utile nei progetti legati all’acqua e alle stufe – con una *issuance* di 8 milioni di tCO₂e e ritiri di 5 milioni tCO₂e -, l’American Carbon Registry (ACR) – primo registro privato volontario di GHG situato negli Stati Uniti – e la Climate Action Reserve (CAR) - fornisce gli standard in cui i progetti sono implementati in Nord America - (Bravo et al.,2021). Una volta certificati i progetti, i *carbon credits* sono conservati presso un account personalizzato in un registro di proprietà o mantenuto dallo standard che ha certificato (Burzec e Lewis 2021). Solo gli sviluppatori del progetto possono ritirare i crediti, ovvero annullarli per reclamare le riduzioni che rappresentano, oppure venderli ad un altro soggetto.

Nel complesso, il mercato è caratterizzato da una forte crescita della domanda e da una crescita eterogenea e su larga scala dei progetti, degli obiettivi degli acquirenti e degli standard che determinano un prezzo “opaco” del *carbon credit*. Poiché gli acquirenti finali, attraverso il coordinamento, possono finanziare il proprio progetto, i *voluntary carbon credit (VCC)* differiscono nel prezzo in base al prestigio e al tipo di progetto, al potenziale per il *marketing* e a seconda dei co-benefici che si potrebbero ottenere al di là dell’impatto climatico, rendendo così il mercato poco liquido e poco trasparente. Il prezzo dei CC dovrebbe riflettere il vero costo di una corretta misurazione, rendicontazione e verifica di un progetto.

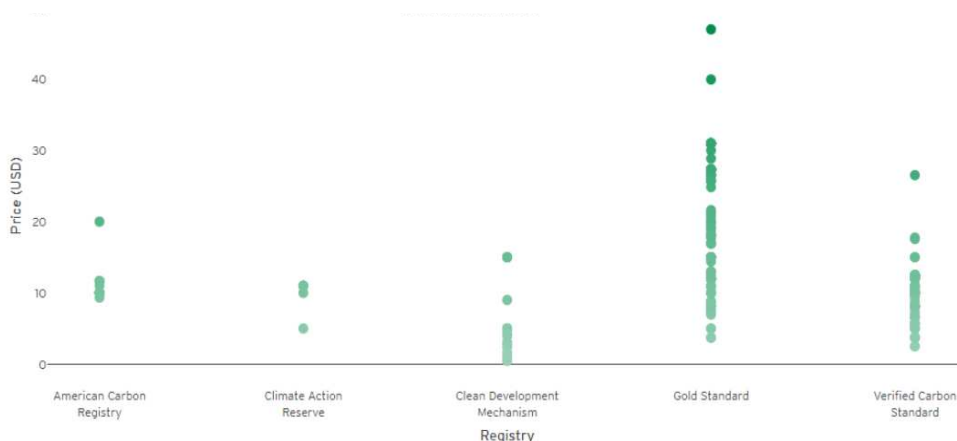


Figura 32. Prezzi del VCM che differiscono
 Fonte: AlliedOffsets
<https://www.reuters.com/article/idUSKBN2AP1FZ>

L’assenza di governance e standard unificati nel definire regole ben stabilite nella certificazione del progetto e nella generazione dei CC rende difficile ai partecipanti al mercato di verificare la qualità del CC, poiché ogni standard stabilisce i propri criteri di qualificazione per i progetti di compensazione. Inoltre,

questa complessità del mercato comporta difficoltà nella qualificazione giuridica delle unità volontarie di carbonio: ogni operatore del mercato tratta i VCC a propria discrezione, contrariamente a quanto accade nel EU Emission Trading System, dove i mandatory carbon credit sono classificati come strumenti finanziari secondo MIFID II (Burzec e Lewis 2021). Per tale motivo sono state intraprese iniziative volte a fornire un quadro normativo in grado di unificare i mercati volontari e rendere il commercio più stabile. Tra queste è possibile includere la Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Market (TSVCM) e la Voluntary Carbon Market Integrity Initiative (VCMI) che hanno l'obiettivo di promuovere l'integrità della domanda, dell'offerta e l'accesso al mercato, definendo dei criteri di qualità e di tassonomia.

Voluntary Carbon Offset Programs	Geographic Coverage	Label used for Offset Credits
The Verified Carbon Standard of VERRA	International	Verified Carbon Unit (VCU)
The Gold Standard	International	Verified Emission Reduction (VER)
Plan Vivo	International	Plan Vivo Certificate (PVC)
American Carbon Registry	United States, Some International	Emission Reduction Tonne (ERT)
Climate Action Reserve (CAR)	United States, Mexico	Climate Reserve Tonne (CRT)

Tabella 4. Tipologie di mercato volontario
Fonte: Elaborazione dell'autore

Compliance Carbon Offset Programs	Geographic Coverage	Label used of CC
EU Emission Trading System	Europe	EU ETS
California Compliance Offset Program	United States	Air Resources Board Offset Credit (ARB OC)
Clean Development Mechanism (CDM), Joint Implementation (JI)	International (Developing countries)	Certified Emission Reduction (CER), Emission Reduction Unit (ERU)
China national ETS	China	CN ETS
New Zealand Emission Trading scheme	New Zealand	NZ ETS
Korea ETS	Korea	KETS

Tabella 5. Tipologie di mercato normativo
Fonte: Elaborazione dell'autore

CAPITOLO III

3. L'EU TAXONOMY

L'Unione Europea ha intensificato le proprie ambizioni ecologiche, come dimostrano gli obiettivi climatici ed energetici previsti nell'accordo di Parigi entro il 2030 e quelli nel *Green Deal* europeo entro il 2050. Di conseguenza, si è reso necessaria la partecipazione del settore dei servizi finanziari al fine di indirizzare i flussi finanziari verso progetti e attività sostenibili per rendere il sistema economico e societario resiliente agli shock climatici e ambientali (CE,2020). Con l'obiettivo di evitare il problema di asimmetria informativa e quella di *greenwashing*, si inserisce l'obbligo di trasparenza. La definizione di una classificazione di attività *green*, basata su regole con standard tecnico-scientifico riconosciuti a livello europeo, rappresenta un punto fondamentale sia per contribuire al raggiungimento degli obiettivi climatici dell'EU sia per consentire il confronto unificato delle attività sostenibili. L'*EU Taxonomy* – entrato in vigore nel 2021 – rappresenta un 'dizionario' che cerca di fornire una definizione chiara per le aziende, per i mercati capitali e per i responsabili politici, circa le attività economiche considerate sostenibili, supportando i flussi di investimento in tali attività (Doyle, 2021).

3.1. Il greenwashing

Il termine *greenwashing* è stato coniato dall'ambientalista Jay Westerveld nel 1986 in riferimento ai *claim* ambientali, utilizzati in quegli anni nelle campagne di marketing dalle catene di hotel, con lo scopo di nascondere politiche e strategie commerciali puramente orientate al profitto (Romero,2008). Tuttavia, l'uso di questo termine è diventato popolare solo nel 1996, orientando l'interesse e la produzione della letteratura verso questo argomento, applicato in altri ambiti, ed ampliando il dibattito accademico sulla definizione (Greer e Bruno,1996; Gottlieb,1998; Ramus e Montiel,2005; Mitchell e Ramey,2011; Wang e Sarkis,2017). Delma e Burbano (2011), Lyon e Maxwell (2011) definiscono il *greenwashing* come scarsa prestazione ambientale o sociale a fronte di una comunicazione positiva su tali prestazioni, in modo da creare un'immagine aziendale eccessivamente positiva. Walker e Wan (2012), Michell e Ramey (2011) e Nyilasy et al. (2014), invece, utilizzano questo termine per indicare un divario fra azioni sociali aziendali simboliche e sostanziali, ossia l'atto deliberato di indurre in errore i consumatori riguardo le pratiche ambientali di un'azienda: un inganno intenzionale (Seele e Gatti,2017). Ciò ha portato i governi a tentare di stabilire linee guida per l'informazione ambientale, sebbene, il significativo aumento degli interessi ambientali da parte di consumatori e investitori, rende l'azione più complicata. Inoltre, l'aumento delle aziende *sostenibili* nel mercato ha reso difficile il confronto fra le aziende che perseguono realmente gli obiettivi ambientali e quelle

che li sostengono con il solo scopo di ingannare consumatori e investitori (Hohnen e Potts,2007). Per analizzare ulteriormente il fenomeno vanno considerati i *drivers* che lo influenzano, suddivisibili in quattro macro livelli: fattori esterno non di mercato, fattori esterni di mercato, a livello organizzativo e individuale- psicologico (Figura ...)

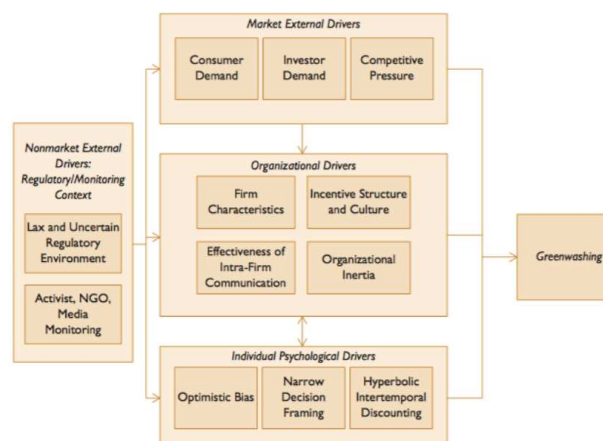


Figura 33. Drivers del greenwashing
Fonte: Delmas & Burbano (2011)

I *drivers* che incidono sulle relazioni tra imprese investitori sono quelli esterni (Delmas e Burbano,2011): fattori non di mercato e di mercato, ovvero la pressione competitiva da parte di consumatori, degli investitori e *competitors* per apparire più sostenibili. In questo senso, per essere competitivi si corre il rischio di cadere in pratiche di *greenwashing*. Viceversa, i *drivers* interni possono riguardare il processo decisionale da parte della società in termini di *greenwashing* o le caratteristiche dell'azienda, che potrebbero favorire tale pratica – come le dimensioni e la sfera etica – e non essere utili per l'*EU taxonomy*. Per capire meglio

come l'*EU taxonomy* possa contribuire alla trasparenza all'interno del settore finanziario è fondamentale esaminare diversi tipi di *greenwashing* (Lyon e Montgomery,2015): (i) Disclosure selettiva, intesa come una << strategia simbolica mediante la quale le imprese cercano di ottenere o mantenere la legittimità non rivelando in modo sproporzionato indicatori di prestazioni positive o relativamente benigni per oscurare le prestazioni complessive meno impressionanti >> (Marquis et al.,2016). Senza un insieme uniforme di criteri secondo i quali le informazioni devono essere divulgate al pubblico, le imprese possono rivelarne in modo strategico soltanto una parte, le quali sono potenzialmente fuorvianti o inesatte per il consumatore o investitore (Marquis et al.,2016). Secondo Netto et al. (2020) si potrebbe definire un'attività o un prodotto *green* considerandone solo le caratteristiche singolari e non gli impatti ambientali complessivi. Molto spesso si usano e si sfruttano *claims* ambientali o sociali solo per dare l'illusione alle persone di supportare attivamente le politiche ambientali e sociali, attraverso l'acquisto di un prodotto o il supporto di un'attività (TerraChoice,2007; Netto et al., 2020). (ii) Promesse ambientali vuote, quando le aziende utilizzano *claims* ambientali o promettono obiettivi poi non mantenuti: questo porta alla diminuzione o alla mancanza di fiducia da parte degli investitori e consumatori (Saha e Darnton,2005). Fino a poco tempo fa, le aziende non erano legalmente obbligate a pubblicare la rendicontazione non finanziaria o soddisfare le promesse ambientali (Ramus e Montiel, 2005). Infatti tali *claims* erano troppo ampi e generici, e spesso non

potevano essere verificate, in quanto le informazioni di supporto non erano accessibili (). (iii) Certificazioni ed etichette inaffidabili: non avendo delle certificazioni o *labels* unificati, queste possono essere utilizzate come forma di greenwashing in alcuni casi. Molte aziende ingannano gli stakeholder esterni utilizzando *labels* generici o simili a quelli veritieri, così da sembrare approvate da terze parti. Per tale ragione i *labels* e le certificazioni – come l'ISO 14001 – dovrebbero essere verificati concretamente (Gillespie, 2008; Netto et al., 2020). (iv) Mentire e narrare il falso. Gran parte degli altri tipi di greenwashing sono stati focalizzati sulla creazione di scappatoie che non costringono le aziende a dichiarare qualcosa di falso (TerraChoice,2007). Tuttavia, in alcuni casi le aziende hanno utilizzato *claims* ambientali o sociali palesemente falsi, basati esclusivamente su informazioni inesatte (Lyon e Montgomery,2015). È una forma di *greenwashing* più rara perché può danneggiare gravemente la reputazione di un'azienda (Lyon e Montgomery,2015). La parte di letteratura appena analizzata si è concentrata principalmente sulle conseguenze del *greenwashing* nell'ottica del consumatore: molto raramente, invece, il focus ha riguardato gli investitori, sebbene le aziende si trovano alla ricerca continua di forme di finanziamento alternative e quindi di nuovi investitori (Nyilasy et al., 2014; Gatti et al., 2021). Pertanto, il *greenwashing* è ampiamente utilizzato nelle aziende selezionando strategicamente le informazioni positive, senza che vengano fornite al mercato quelle negative o potenzialmente dannose al fine di attrarre un maggior numero di investitori (Bini et al,2018; Beske

et al.,2020). Il *greenwashing* influisce sull'immagine pubblica di un'azienda e, pertanto, non è privo di conseguenze. Oggigiorno, gli stakeholder tendono ad essere più incerti sugli investimenti, a causa della pressione dei consumatori e dei *media* per prodotti, servizi o attività in linea con le aspettative ambientali (Torelli et al, 2019; Gatti et al., 2021). I numerosi scandali e i problemi reputazionali che hanno coinvolto le imprese in seguito alle pratiche di *greenwashing* – un esempio è il caso Volkswagen – portano con sé una situazione dove viene a mancare la fiducia degli investitori (Siano et al., 2017; Torelli et al.,2019). Tuttavia, la mancanza di una definizione di ciò che può essere sostenibile ed l'assenza di regolamentazione specifica in materia di *greenwashing* rendono la situazione difficile da gestire, cui si lega un impatto negativo sul mercato degli investimenti sostenibili (Delmas e Burbano, 2011; Alewine e Stone,2013; Nguyen et al.,2018). Attualmente, alcuni Stati membri dell'UE dispongono di norme nazionali, iniziative di mercato e di sistemi di etichettatura che rendono, tuttavia, frammentato il mercato interno degli investimenti sostenibili. Se i partecipanti ai mercati finanziari rivelassero la sostenibilità ambientale, i prodotti o le attività aiuterebbero gli investitori a confrontare le opportunità di investimento nei vari Stati membri ed incoraggerebbe le aziende a usare i modelli di business più sostenibili (Dobrąnszky-Bartus e Krenchel 2020). Per far questo, l'UE ha istituito un quadro in materia di trasparenza proprio per assicurare che gli investitori siano bene informati in merito all'impatto ambientale e sociale dei loro investimenti: un Regolamento che miri ad una

maggior trasparenza e che limiti il più possibile il *greenwashing* nel settore finanziario e industriale – diminuendo il vantaggio competitivo sleale: solo la trasparenza può migliorare la percezione dell'impresa e delle attività da parte degli investitori (Rasmus e Montiel,2005; Siano et al.,2017).

3.2. Il quadro normativo

Dal punto di vista normativo, il piano di azione dell'Unione europea per la trasparenza nella finanza sostenibile si fonda su tre pilastri: il regolamento denominato *Sustainable Finance Regulation* (SFRD), la proposta di direttiva *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) e la cosiddetta *Taxonomy Regulation* (TR) (Rugi,2021). Proprio quest'ultima rappresenta la base del quadro normativo, in quanto la TR definisce in maniera granulare quali siano i criteri per cui un'attività possa essere classificata come sostenibile. Nel 2018, la Commissione Europea commissionò ad un gruppo di 35 esperti in materia di finanza sostenibile, cosiddetti *Technical Expert Group* (TEG), lo sviluppo di un regolamento su un sistema di classificazione a livello europeo, dal quale si determinavano le modalità di creazione della Tassonomia e si indicavano i soggetti e modi di applicazione (CE,2020). Nel dicembre 2019 il Consiglio e il Parlamento europeo hanno raggiunto un'accordo politico su tale regolamento e nel 2020 è stato pubblicato in

Gazzetta Ufficiale il Regolamento 2020/852, relativo alla *Taxonomy Regulation* (Green Finance Platform,2021). Nasce un regolamento rafforzato ambivalente: da un parte si obbligano i partecipanti che emettono prodotti finanziari sul mercato ad utilizzare la Tassonomia per definire il prodotto *green*, dall'altra si obbligano le grandi aziende a dichiarare pubblicamente la percentuale degli investimenti o delle loro attività allineati con la Tassonomia. Inoltre, si stabiliscono le condizioni generali per applicare criteri chiari, uguali e coerenti con gli obiettivi ambientali, con il fine di evitare che ogni investitore ed impresa definiscano in modo frammentario e diverso un investimento o attività *green* (CE,2021). Il TR prevede che l'adozione avvenga in due fasi: nel 2020, l'adozione di un primo delegato della Tassonomia ha riguardato le attività che contribuiscono a obiettivi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, mentre nel 2021 quelle che contribuiscono al raggiungimento degli altri 4 obiettivi ambientali definiti dalla Commissione Europea: solo per il 2022 è prevista l'effettiva entrata in vigore della completa *EU Taxonomy* (CE,2021).

3.3. *Green Taxonomy*

La TR usa un approccio di regolamentazione ibrida o *back-door*, poiché, invece di regolamentare i numerosi settori presenti in tutta l'UE, mira al singolo canale degli investitori. Questo avviene mediante il processo di etichettatura delle attività, stabilendo cioè i requisiti di trasparenza delle aziende rispetto a ciò che può essere definito *green*, con l'obiettivo di incoraggiare gli attori del mercato a orientare le proprie attività economiche verso *business model* sostenibili (Dobrànsky-Bartus e Krenchel,2020). L'*EU Taxonomy* stabilisce un elenco di attività economiche considerate eco-sostenibili da un punto di vista ambientale. Tuttavia, questa non è una valutazione che discrimina aziende “buone” o “cattive”, né un elenco obbligatorio e vincolante di attività economiche in cui investire o da cui disinvestire. Inoltre, non esprime un giudizio sulla performance finanziaria di un investimento solo dalla performance ambientale (Assarmatori,2020). Ad ogni modo, l'inserimento di una determinata attività nella tassonomia rappresenterà un vantaggio ai fini dell'ottenimento di finanziamenti *green* in una vasta gamma di settori. È importante sottolineare che la tassonomia rappresenta uno strumento dinamico in risposta ai cambiamenti tecnologici, scientifici e di nuove attività. L'*EU Taxonomy* si basa su sei obiettivi ambientali, che sono (Art.9;CE,2021): (a) mitigazione dei cambiamenti climatici, ossia garantire una riduzione significativa delle emissioni di GHG; (b) l'adattamento ai cambiamenti climatici, cioè rendere le attività economiche resilienti in grado di affrontare le variazioni dovute ai

mutamenti climatici; (c) l'uso sostenibile e la protezione delle acque delle risorse marine; (d) la transazione verso un'economia circolare; (e) la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento; (f) la protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi. Le attività che possono essere considerate ecosostenibili dovranno fornire un contributo in modo sostanziale al raggiungimento di uno o di più obiettivi ambientale definiti dal TR. Allo stesso tempo tali attività non dovranno arrecare un danno significativo (in inglese *do not significant harm* o DNSH) a nessuno degli altri obiettivi ambientali, nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia sociali. Vengono definiti inoltre requisiti e soglie specifici, i cosiddetti criteri di *screening* tecnici (*technical screening criteria* o TSC). L'obiettivo è quello di delineare il profilo di un'attività economica che, perseguendo uno più obiettivi, sia qualificabile come sostenibile e conforme, senza arrecare alcun danno significativo (Doyle,2021).

In generale, la Tassonomia può essere applicata su due livelli: a livello progettuale o a livello aziendale; entrambi i tipi di applicazioni influenzeranno prettamente il costo del capitale dell'impresa. A livello progettuale, la Tassonomia aiuta a fornire per lo più nuovi investimenti e vantaggi finanziari (Schütze e Stede,2020) – utile come strumento di screening per programmi di finanziamento pubblico –. A livello aziendale, la Tassonomia sarà usata per valutare e confrontare le aziende in base alle quote di fatturato o di spesa allineatesi, cosicché vi sia maggiore trasparenza e ri-orientamento dei flussi finanziari negli investimenti

sostenibili (Schütze e Stede,2020). L'*EU taxonomy* divide i settori economici basandosi su un sistema uniformato di classificazione (NACE) in tre categorie, appartenenti alla mitigazione dei cambiamenti climatici : *green activities* – o attività *low carbon* –, ossia quelle attività che hanno emissioni di carbonio basse, zero o negative e che sono compatibili con un'economia neutra in emissioni – ad esempio energia rinnovabili o riforestazione – e dove i criteri saranno misurabili a lungo termine e stabili. Seguono le attività abilitanti, le quali facilitano la riduzione di emissioni in altri settori, producono tecnologie in grado di ridurre emissioni durante il proprio utilizzo – come l'installazione di caldaie efficienti degli edifici – . Infine, le attività di transizione, ossia tutte quelle attività che richiedono enormi sforzi verso un'economia neutra in emissioni entro il 2050 e dove le emissioni non sono vicine allo zero ma ci sono grandi possibilità di raggiungerle – un esempio sono i veicoli ibridi o la produzione di cemento – attraverso criteri tecnici sempre più inaspriti e soggetti a revisione periodica (Art,16; CE,2021). La base di riferimento dei criteri di monitoraggio è costituita dai *benchmark* dell'*EU Emission Trading System* di riferimento, fondati sulle *performance* ambientali dei *best performing plants* del continente (TEG,2019). Per le attività appartenenti alla categoria di adattamento ai cambiamenti climatici saranno considerate qualunque attività purchè non arrechi danno significativo, mentre i criteri tecnici seguiranno un approccio *process-based* applicabile a tutte le attività (Art,16; CE,2021). La classificazione della Tassonomia include circa l'80% delle emissioni dirette di gas

serra nell'UE, soprattutto le attività del settore energetico, del settore industriale, quelle dell'edilizia e dei trasporti e, infine quello dell'agricoltura (Schütze et al.,2020). Sono state escluse alcune attività ad alta intensità di emissioni nel settore industriale – come la produzione di coke e petrolio – e nel settore dei trasporti come l'aviazione: c significa che non esistono soglie o criteri per classificarle come sostenibili. Questo sistema di classificazione applicato in Europa è unico nel suo genere e avrà conseguenze oltre i confini geografici dell'UE, influenzando la regolamentazione finanziaria, supportando la transizione verso un'economia neutra, aiutando a prevenire il *greenwashing* e riallocando il capitale verso attività economiche con obiettivi ambientali (Ingman,2020). Sebbene la tassonomia sia principalmente uno strumento di classificazione, ha altre funzioni: si richiede a determinate entità di divulgare informazioni relative al grado di allineamento delle loro attività con la tassonomia. Ciò si ottiene modificando i requisiti di informativa nella direttiva sull' informativa non finanziaria (*Non-Financial Reporting Directive* o NFRD) dell'EU e nel regolamento sull'informativa sulla finanza sostenibile (*Sustainable Finance Disclosure Regulation* o SFDR). Per le aziende che divulgano già *reports* sulla sostenibilità, il processo standardizzato di etichettatura della tassonomia potrebbe ridurre l'onere, poiché non sarà più necessario inviare tale dati a differenti *data providers* e finanziatori (Schütze et al.,2020). La legittimità di questo quadro normativo permette la comparabilità dell'impresa in modo transfrontaliero creando una definizione comune per le attività sostenibili e le

pratiche di investimento, inoltre, permetterebbe all'UE di attrarre investitori dall'esterno evitando investimenti in attività dannose, incoraggiando prodotti o attività positive in ambito ambientale.

3.4. L'implementazione dell'EU Taxonomy

Per capire se un'azienda è allineata alla tassonomia secondo i principi stabiliti nell'*EU Taxonomy* si devono seguire diversi passaggi. Innanzitutto, occorre verificare che l'azienda sia coinvolta in una delle attività economiche idonee alla tassonomia (NACE). Parallelamente per mappare l'ammissibilità dell'azienda all'*EU Taxonomy* è previsto l'utilizzo di codici o altre fonti di dati settoriali rispetto ai codici NACE – come i codici *BICS Bloomberg* – (Carmignac,2021). Sebbene possa sembrare una fase trascurabile, in realtà essa si rivela molto importante per identificare le aziende che possono essere allineate alle NACE. Tre sono gli indicatori chiave utilizzati nella verifica dell'allineamento alla tassonomia (Carmignac,2021): il fatturato, le spese in conto capitale (CAPEX) e le spese operative (OPEX). In un secondo momento si otterrà la quota di fatturato (%) proveniente dalle attività di tassonomia e la percentuale di CAPEX o OPEX associate alle attività di tassonomia, proprio per valutare in che misura l'azienda potrebbe essere allineata (Doyle, 2021). Identificare l'utilizzo dei prodotti e dei servizi è necessario per capire se essi soddisfano – o meno – le soglie tecniche

stabilite nelle linee guida del “*substantial contribution*” della Tassonomia (Carmignac,2021). Successivamente, viene revisionato il calcolo dei soli ricavi ammissibili al quadro normativo. Infine, si eseguiranno analisi sui dati aziendali con lo scopo di indagare sugli impatti negativi significativi (DNSH) verso gli altri cinque obiettivi della tassonomia – come, ad esempio, la gestione dei rifiuti, inquinamento o effetti sulla biodiversità – (Carmignac,2021). È utile, infatti, determinare se l'azienda dispone di politiche e standard minimi che riflettano DNHS e non violano le norme commerciali internazionali – come le linee guida dell’OCSE – (Doyle,2021). Si incorporano approcci quantitativi e qualitativi così da riuscire a determinare in modo preciso l'allineamento delle aziende con la Tassonomia. L’*EU Taxonomy* non dovrà essere vista come uno strumento statico ma bensì dinamico: esso viene considerato come una linea guida che le aziende possono utilizzare per aumentare progressivamente la percentuale delle loro attività eco-sostenibili.

Man mano che la Tassonomia prende forma potrebbe essere applicata in un altro modo: nel *Green Bond Standard* dell’UE verrà applicata come parametro di riferimento per l'ammissibilità (Doyle,2021). Collegare la Tassonomia al *Green Bond Standard* creerebbe un collegamento diretto con i mercati capitali dell’UE. In effetti si parla di un marchio *Ecolabel UE* per i prodotti finanziari *retail* e include soglie definiti dalla Tassonomia per investimenti minimi (Doyle,2021).

CAPITOLO IV

4. ANALISI EMPIRICA DEL CARBON TRADING

I capitoli descritti in precedenza sono stati utili per descrivere la struttura dell'*Emission Trading* e per riuscire a definire in modo trasparente il significato di *impresa sostenibile* attraverso l'*EU Taxonomy*. Per valutare le prestazioni dei *EU ETS* o più in generale dei *carbon credits* è opportuno considerare l'impatto sull'abbattimento dell'inquinamento e sulla creazione dell'*eco-innovation* (EI) (Kemp,2010). Borghesi e Montini (2016) considerano questi due aspetti strettamente correlati, poiché l'efficacia ambientale dei *EU ETS* nella riduzione delle emissioni di GHG è fortemente influenzata dalla capacità di stimolare l'*eco-innovation* – in particolar modo l'*environmental technology* (*envirotech*) e la *clean technology* (*cleantech*) – attraverso il *carbon pricing*. Di conseguenza, l'allocazione del capitale privato sarà sempre più guidata dall'esigenza di trasparenza sia nei meccanismi di mercato che negli strumenti finanziari che prezzano il carbonio. L'individuazione dei fenomeni che spiegano il *carbon market* è indispensabile per gli operatori economici e i *policy makers*. L'importanza di investire in imprese sostenibili ed ecologiche cresce esponenzialmente per rimanere in linea con gli obiettivi dell'accordo di Parigi e di Kyoto. In particolare, il capitolo mira ad individuare se, fra le aziende che finanziano lo sviluppo in tecnologie *green*, esista l'esigenza d'investire, in aggiunta, in *carbon credits*. Il presente studio, quindi, ha l'obiettivo di determinare che cosa spiega empiricamente tale

correlazione, e di capire che tipo di relazione le lega – sia essa positiva o negativa – e di stimare un modello della probabilità di avere la necessità o meno di acquistare *EU-ETS*. Per raggiungere questo obiettivo, viene effettuata un'analisi econometrica con dati *panel* dal 2016 al 2020 su un ampio *dataset* di aziende dell'Unione Europea, utilizzando uno stimatore *probit*.

4.1. Quadro teorico: revisione della letteratura e sviluppo dell'ipotesi

Al fine di affrontare le sfide del cambiamento climatico in modo agevole è stato creato uno strumento negoziabile (Coase,1960). Attraverso una regolamentazione diretta come la *carbon tax*, in grado di evitare che sia il governo a dover determinare l'ammontare di emissioni per ogni controparte (Tietenberg, 2006; Ermolieva et al., 2011; Brink et al.,2016), venne creato un mercato in cui le parti stesse avrebbero potuto contrattare in acquisto o vendita *carbon credits* a seconda delle necessità. L'idea generale del sistema di *carbon trading*, in particolare quello europeo (EU ETS), si basava sul principio in base a cui ci sono benefici nel *carbo-trading* ogni volta che il costo relativo dell'abbattimento di CO₂ differisce tra le imprese, tra regioni e nazioni. Attualmente questo sistema viene considerato uno strumento chiave per mitigare e ridurre le emissioni globali di carbonio, promuovendo il risparmio energetico grazie all'efficienza del mercato (R. Stavins,1998; Bryner,2004; Lise et al., 2010; Abrell et al.,2011; Grubb et al.,2014;

Cong e Lo, 2017; Zhou et al., 2019; Gao et al., 2020; Li et al., 2020; Xuan et al.,2020), al risparmio sui costi di transazione (R. Stavins,1995; Bakam et al.,2012; Ramstein et al.,2019; Jiang et al., 2016) e all'efficacia dei prezzi del carbonio (Hahn,1984; Seifert et al.,2008; Fang et al.,2018), dovuto alle maggiori differenze di costo marginale: aumentano le potenziali opportunità di guadagno e minore è il costo di transazione tra le parti se vi sono numerosi venditori e acquirenti. Se nel 2008 la fluttuazione dei prezzi dell'EU ETS fu in gran parte legata alla crisi economica, il rimbalzo del prezzo del carbonio registrato nel 2018 fu dovuto, invece, alla ristrutturazione del sistema e alla prospettiva dell'EU di aumentare le proprie ambizioni di mitigazione dei cambiamenti climatici (Fjellheim, 2021). L'*emission trading* può essere considerato una risposta più efficace alle fluttuazioni economiche rispetto ad altri strumenti politici, grazie alla flessibilità del carbon markets (IETA, 2019). Inoltre, un aspetto particolarmente importante riguarda l'incentivo dell'*emission trading* di indurre all'eco-innovazione al fine di rendere i *business* più sostenibili, promuovendo l'adozione e la diffusione di tecnologie rispettose dell'ambiente (Hoffmann,2007; Anderson et al.,2011; Rogge et al.,2011;Borghesi et al., 2012; Martin et al.,2013; Calel e Dechezlepretre,2015). Allo stesso modo, i sistemi di *carbon trading* sono ritenuti vantaggiosi in quanto vi è anche la possibilità di collegamento con altri programmi di compensazione delle emissioni di GHG basati su progetti (Martin, Muuls e Wagner,2015). Ad esempio, dal 2012 l'EU-ETS è collegato con il sistema di scambio di quote di emissioni di

gas delle Svizzera (CH-ETS), il cosiddetto *Swiss linking* (Vohringer,2012). Inoltre, i sistemi di ETS permettono di introdurre regole per la rilocalizzazione delle emissioni di carbonio, identificando i settori a rischio. Tuttavia, occorre considerare che esiste un certo grado di volatilità dei prezzi - per alcuni versi fisiologico - in quanto riflette le fluttuazioni della domanda e dell'offerta, rischiando di scoraggiare gli eco-innovatori, i quali cercano di sviluppare i loro progetti a lungo termine e che preferiscono quindi la stabilità dei prezzi (Borghesi e Montini, 2016); anche la carenza di limiti imposti al *modus operandi* dell'ETS potrebbe far insorgere problemi: sia un prezzo alto che un prezzo basso possono costituire criticità per il corretto funzionamento dell'ETS (Borghesi e Montini, 2016). La mancanza di attività bancaria e di prestito di *carbon credits*, di procedure armonizzate di verifica, monitoraggio e rendicontazione potrebbero ostacolare il corretto funzionamento dell'ETS. Complessivamente, l'*emission trading* ha suscitato un grande interesse fra gli accademici e professionisti nel cercare di valutare il funzionamento e il comportamento effettivo di questo mercato relativamente giovane. Da un punto di vista etico, il *carbon trading* è ritenuto intrinsecamente debole – qualora i costi delle transazioni tra le parti fossero alti e vi fossero pochi venditori e acquirenti –: il *trading* aggraverebbe l'iniquità, non portando alla soluzione ottimale di Pareto (Lejano, Kan e Chau,2020). Secondo Piketty (2014) e Stiglitz (2012). In tal senso, sarebbe utile un intervento o un controllo sui mercati poiché gli “abbienti” possono trarre vantaggio dall'imperfezione dei mercati per aumentare la loro ricchezza

rispetto ai “non abbienti”. Alcuni studiosi hanno sollevato questioni etiche in merito al *carbon trading*: rientra tra queste la questione dei diritti inalienabili o l’etica di consentire ad un’entità di pagare un’altra per evitare di adempiere al proprio obbligo etico (Caney e Hepburn, 2011). Un’altra ancora è la possibile incommensurabilità di alcuni beni, poiché la tragedia causata dal cambiamento climatico globale potrebbe non essere traducibile in termini monetari (Aldred,2012). Si ritiene, anche, che alcuni sistemi di emission trading permettano l’accumulo delle emissioni di carbonio in una determinata area. Ad esempio, diversi studi hanno indicato il modo in cui le raffinerie di petrolio sono ubicate in modo non proporzionale in comunità svantaggiate (Pulido et al.,1996; Graham et al., 1999; Carpenter e Wagner, 2019). In aggiunta, vi è il potenziale problema che vi siano esternalità non riconosciute dal *carbon market*, come per l’esempio l’emissione di co-inquinanti (Walch,2018). Infine, potrebbe sorgere una problematica di ingustizia ambientale in alcuni paesi in via di sviluppo (Shonkoff et al., 2011). Per poter affrontare alcune disuguaglianze e riuscire a risolvere il problema morale del *carbon trading*, si potrebbe intervenire nel *carbon market*: introdurre ulteriori tecnologie di riduzione delle sostanze tossiche e co-inquinanti, e considerare altre entità pubbliche come gli enti territoriali o le comunità (Lejano et al,2020). La letteratura accademica si divide in due scuole di pensiero: da un lato, chi ritiene che l’ETS stia attraversando un momento cruciale nella storia degli strumenti politici per il cambiamento climatico e, dall’altro, chi sostiene che il *carbon credits* non poggi su solide basi etiche.

Gli aspetti rilevanati per la valutazione delle prestazioni dei *carbon credits* riguardano l'impatto sulla riduzione dell'inquinamento (efficacia ambientale) e sull'eco-innovazione, ossia l'adozione o la diffusione di tecnologie *green* da parte delle aziende. L'obiettivo di questo studio empirico è quello di esaminare questo secondo aspetto che valuta gli investimenti ambientali effettuati dall'azienda. La consapevolezza delle aziende sui temi ambientali è divenuto sempre più importante. La letteratura economica si è occupata di molteplici temi come la divulgazione (Banasik et al.,2010; Barbu et al, 2014; Iatridis 2013) e le prestazioni ambientali da parte dell'azienda (Sun et al., 2012; Wahba,2010; Rokhmawati et al., 2015). Per quanto riguarda gli investimenti, questi riguardano gli sforzi dell'azienda nella gestione dell'ambiente al fine di ridurre gli impatti negativi dell'attività d'impresa su quest'ultimo (Berliner e Prakash,2013; Minatti Ferreira et al.,2014; Testa et al.,2015). L'investimento ambientale, strumento appropriato per migliorare la reputazione aziendale agli occhi degli stakeholders, può aumentare i vantaggi competitivi e il valore d'impresa (Bonifant et al.,1995; Bagur-Femenias et al.,2015). Inoltre, esso consente alle aziende di ridurre al minimo l'uso di energia e di diminuire le emissioni di carbonio e altri impatti negativi. Si ritiene inoltre che gli investimenti ambientali possano aumentare i valori aziendali, ma occorre finanziare lo sviluppo di tecnologie *green* e sostenibili. Di conseguenza, per una comprensione della porzione di capitale aziendale riferito ad *environmental investment* è rilevante utilizzare un indicatore adatto: tuttavia una voce precisa

come l'*environmental expenditures* fa parte delle informazioni non finanziarie delle aziende difficile da ottenere. In letteratura, per approssimare gli investimenti ambientali si può utilizzare il capital expenditure (CAPEX) (Cho et al.2012; Clarkson et al., 2004; Hart e Ahuja 1996; Johnston,2005; Leiter et al., 2011; Wirth, Chi e M. 2013). Le spese in conto capitale comprendono uno dei conti più rilevanti del bilancio d'impresa e viene utilizzato per intraprendere nuovi progetti o investire in nuove tecnologie e altre risorse per la crescita. Il CAPEX è qualsiasi tipo di spesa che un'azienda capitalizza come investimento piuttosto che come spesa nel conto economico (Fernando et al.,2022). Esso indicherà quanto un'azienda sta investendo in immobilizzazioni esistenti e nuove per mantenere o far crescere l'attività (Fernando et al.,2022). Secondo Litt (2013) le imprese impegnate in attività ambientali hanno spese in conto capitale significativamente più elevati rispetto alle imprese che non lo fanno. Poichè, l'efficacia ambientale degli ETS è fortemente influenzata dalla sua capacità di indurre innovazioni *green*, le aziende che non vogliono sostenere i costi di acquisto di *carbon credits* e che desiderano rimanere competitive possono adottare nuove tecnologie o tecnologie rispettose dell'ambiente prima dei loro concorrenti. Negli ultimi anni, un numero crescente di studi ha cercato di valutare gli effetti dell'*environmental investment* dell'*emission trading*. A tal fine sono state adottate molteplici linee di ricerca: come per esempio, le analisi empiriche su indagini di interviste manageriali (Hoffman, 2007;Aghion et al.,2009, Anderson et al., 2011; Schmidt et al., 2012), utilizzando la versione

debole dell'ipotesi di *Porter* ed introducendo l'EU-ETS nei modelli econometrici (Abrell et al.,2011; Borghesi et al.2015), oppure altre tipologie di metodi (Zu et al.,2020; Fu et al.,2018; Meleo 2014; Wang, Yu e Li, 2018; Zhang e Wei,2010; Pongolio,2010; Rogge et al., 2011a, b). Considerando tutti gli aspetti precedentemente discussi, si avanza la seguente ipotesi:

H1. Le aziende meno virtuose in termini di *environmental investment* svolgono maggiore attività di *emission trading* e viceversa.

4.2. Metodologia

Questo studio include le analisi univariate e multivariate per testare la relazione proposta. Dopo il processo di scelta delle variabili, di *screening* dei dati, vengono eseguite le statistiche descrittive, un'analisi di correlazione e infine un'analisi dei dati *panel* con uno stimatore effetti casuali.

4.2.1. Le variabili

La ricerca in oggetto ha come obiettivo quello di individuare una relazione – e la tipologia di relazione – tra il *trading* nel *carbon market* e gli *environmental investment* in un arco temporale di cinque anni. Al fine della costruzione del database, sono stati scelti delle variabili che descrivano in modo accurato il fenomeno studiato. Inizialmente le variabili scelte erano ben specifiche, ma il

software *Thomson Reuters Eikon* mette a disposizione solo alcuni tipi di variabili ambientali e per questo motivo è stato necessario utilizzare delle *proxy* sia per il *trading* sul *carbon market* che per gli investimenti sostenibili. Nell'analisi empirica, tuttavia, si fa ricorso a tre categorie principali di variabili: (i) dati sul *carbon emission*, (ii) dati *performance* aziendale e (iii) e dati sulla *governance* aziendale. Nella prima serie di variabili è stato inserito il *reporting* sull'*emission trading* come *proxy* dell'effettivo *Emission Trading* (ET) – con un approccio *Cap-and-trade*, meccanismo utile per controllare l'inquinamento da parte delle aziende, fornendo incentivi economici per ridurre le emissioni di gas serra – considerato come una variabile binaria, che assume valore 1 qualora l'azienda dichiara di partecipare all'ET e 0 altrimenti. Pertanto, questa risulterà essere la variabile dipendente. In aggiunta, si analizza l'*Environmental Project Financing* (ENVIROM_PF), in grado di riflettere la sensibilità a progetti ambientali e di biodiversità da parte delle aziende. La (ii) *performance* dell'impresa viene approssimata da variabili che considerano la liquidità aziendale, la redditività, la solvibilità e l'attività di investimento così da catturare diversi aspetti (Ruf et al., 2001; Uyar et al., 2020). Le ragioni alla base della selezione di queste metriche descrittive della *performance* finanziaria sono da ricercare nel fatto che questi sono indicatori comunemente utilizzati in tutti i settori: ciò consente e facilita l'estensione d'indagine. Il *Current Ratio* (CR) e il *Quick Ratio* (QR) riflettono la solidità finanziaria, ossia la capacità di un'azienda di sostenere mediante le risorse disponibili gli esborsi che questa

dovrà fronteggiare nello stesso arco temporale; il *Net Profit Margin* (NPM) permette di valutare l'importo relativo al profitto che l'azienda produce dalle sue entrate, un indicatore chiave della salute finanziaria generale, utile per confrontare un'azienda con i suoi concorrenti. *Earnings-Before-Interest&Tax* (EBIT) e *Return on Assets* (ROA) indicano la capacità di remunerare il capitale di un'azienda alle operazioni economiche svolte nel corso dell'esercizio di bilancio e dimostrano l'efficienza dell'azienda di come usare le risorse e creare profitti dagli asset disponibili (Ruf et al., 2001; Delmas et al., 2015; Uyar et al.,2020; Busch et al.,2020). Inoltre, la solvibilità è fornita dal *Leverage* che tiene conto del peso dell'indebitamento (Safiullah et al.,2021). In aggiunta, per verificare la dimensione aziendale è stato usato il logaritmo naturale di *Total Asset* (Capasso et al.,2020). Infine, il *Capital Expenditure* (CAPEX) sarà un ottimo indicatore per verificare se un'azienda investe per continuare a crescere nel tempo, ed è utilizzato come *proxy* dell'*environmental investment (EI)* perché sui bilanci aziendale delle società non esiste la voce EI, essendo una voce non finanziaria, in tutti i database questa voce non è presente e in molti articoli di letteratura per ottenere il dato è stato usato una survey (Wilmshurst e Frost, 2000; Prado-Lorenzo et al., 2009; Cho et al.2012; Clarkson et al., 2004; Hart e Ahuja 1996; Johnston,2005; Leiter et al., 2011; Wirth, Chi e M. 2013; Litt, 2013). La terza serie di variabili (iii) valuta due caratteristiche del consiglio di amministrazione (CDA): la prima riguarda la dimensione del CDA (BS), mentre la seconda considera la diversità di genere di quest'ultimo (WB), la

cosiddetta *gender diversity*. Mentre il BS è rappresentato dal numero di amministratori nel consiglio, il WB viene misurato rispettivamente dalla percentuale di amministratori donne presenti nel Board (Atif et al., 2021; Post, Rahman e Bear, 2010; McCright e Xiao,2013; Liao e Tang,2015; Li et al.,2016; Haque 2017; Ben- Amar et al., 2015).

Variabile	Definizione	
<i>Variabile dipendente:</i> <i>Emission trading</i>	ET	Proxy di ET usando il reporting sulla partecipazione all'attività; se esiste 1, altrimenti 0
<i>Variabili di controllo:</i> <i>Total asset</i>	SIZELOG_ASSET	Dimensione dell'azienda; logaritmo naturale di Total Assets
<i>Capital Expenditure</i>	LOG_CAPEX	Proxy di Environmental Investment. Comprendono tutti quegli investimenti in capitale o immobilizzazioni dell'impresa; Logaritmo naturale di capex
<i>Board size</i>	BS	Totale numero di membri nel consiglio
<i>Variabili di esplicative:</i> <i>Environmental Project Financing</i>	ENVIROM_PF	Sensibilità ambientale dell'azienda
<i>Current Ratio</i>	CR	Totale delle attività divise dal totale delle passività correnti
<i>Quick Ratio</i>	QR	Totale delle attività correnti al netto le rimanenze diviso il totale delle passività correnti
<i>Net Profit margin</i>	NPM (%)	Reddito (escludendo le voci straordinarie) divise per ricavi totali.
<i>Return on asset</i>	ROA	Reddito al netto delle imposte e diviso per il totale medio delle attività correnti. Espresso in percentuale
<i>EBIT</i>	LOG_EBIT_ABS	L'EBIT calcolato come ricavi totali meno costi operativi totali più oneri operativi e oneri/proventi non ricorrenti. Logaritmo naturale dell'EBIT in valore assoluto
	EBITPOSNEG	Se valore dell'EBIT negativo allora 1, altrimenti 0
<i>Debt ratio</i>	LEVERAGE	Rapporto tra il debito a lungo termine ed il totale delle attività. Espresso in percentuale
<i>Woman on Board</i>	WB	Percentuale di donne nel consiglio

Tabella 6: Variabili chiave e loro definizioni. Fonte: Elaborazione dell'autore

4.2.2. *Dati e campione*

Ai fini dell'analisi empirica è stato costruito un *dataset* iniziale comprendente 6177 osservazioni annuali delle aziende appartenenti ai vari settori tra 2016 e il 2020, ed ottenuto attraverso la piattaforma *Eikon*. Il *database Eikon* è uno dei *database* più inclusivi, in grado di fornire i fondamentali dell'azienda equivalenti al 99% della scala del mercato globale – coprendo oltre 120 paesi con 55.000 società attive – ed include anche dati ESG per quasi 10.000 aziende (Refinitiv,2021a; 2021b). Di conseguenza, il campione dello studio empirico include imprese per le quali sia i dati fondamentali che i dati ESG sono disponibili nel *database Eikon*. Sia le definizioni di settore che di area geografica sono state adottate dalla *Thomson Reuter Business and Markets Classification* (Refinitiv,2021c): ne deriva che nello studio empirico sono state inclusi tutti i settori, compreso il settore finanziario - sebbene alcuni studi lo trattino in modo differente e lo omettano dai campioni - (Hamrouni et al.,2019; Rezaee et al., 2020). Per quanto riguarda l'area geografica sono state considerate nel campione solamente le imprese europee; *Eikon* propone una suddivisione in base alla collocazione/area geografica: per (i) l'Europa del Nord i paesi considerati sono Danimarca, Finlandia, Irlanda, Lituania, Norvegia, Svezia e infine, anche, il Regno Unito – incluso nell'analisi poiché solo il 31 gennaio del 2020 vi è stata l'ufficializzazione dell'uscita dall'Unione Europea –. (ii) Per l'Europa dell'Ovest si comprendono nello studio solo le aziende situate in Austria, Belgio, Francia, Germania e Lussemburgo, Paesi Bassi e la Svizzera. In

seguito, per (iii) l'Europa dell'Est sono state considerate Bulgaria, Repubblica Ceca, Ungheria, Polonia, Romania e Repubblica Slovacchia. Infine, per (iv) l'Europa del sud sono state incluse Spagna, Italia, Portogallo, Grecia e Slovenia.

Il processo di *screening* dei dati è un passaggio cruciale quanto necessario prima di effettuare ulteriori analisi: vi è una fase di preelaborazione dei dati del campione, durante la quale si escludono eventuali *outlier* ed si eliminano i dati mancanti o incorporandoli (ove è possibile). In seguito, i dati sono stati convertiti dalla forma grezza in un formato facilmente leggibile. I dati per ET ed ENVIRON_PF sono stati trasformati passando da valori qualitativi a valori quantitativi, assegnando un valore 1 in caso positivo e 0 in caso negativo. Nell'ambito delle scienze statistiche dell'econometria o dell'analisi empirica in generale, all'interno di un *dataset* si effettua una trasformazione logaritmica di una o più variabili altamente asimmetriche per ottenere un *dataset* più normalizzato (Gujarati e Porter,2006; Gelman e Hill,2007). I valori di SIZELOG_ASSET e LOG_CAPEX sono stati convertiti nei loro valori logaritmici; invece, i valori dell'EBIT sono stati considerati nel loro valore assoluto e poi trasformati in logaritmi ottenendo la variabile LOG_EBIT_ABS: inoltre, per evidenziare il segno dell'EBIT si assegnerà 1 se negativo e 0 altrimenti, da cui deriva la variabile EBITPOSNEG. Un gran numero di aziende non disponeva di dati validi sul *reporting* dell'attività di *emission trading* e quindi non sono state incluse nell'analisi

principale, motivo per cui il campione finale è formato da 1663 aziende europee con 4944 osservazioni.

4.2.3. *Modello di regressione*

La struttura di questo campione è presentata in un formato longitudinale, cosiddetto formato *panel*, che andrà a combinare informazioni relative alle caratteristiche di N imprese nello stesso istante temporale con quelle rilevate per le stesse imprese in T diversi periodi di tempo. Nei modelli di tipo *panel* i dati disponibili hanno le caratteristiche di dati *cross section* – per un dato istante sono osservate le caratteristiche di più individui – e dei dati *times series*, ossia per un dato collettivo di individui sono rilevate le diverse caratteristiche in diversi istanti (Palomba,2008). La scelta di effettuare l'analisi tramite dati panel permette di lavorare con maggiori informazioni rispetto a *dataset* più semplici, includendo maggior variabilità e riducendo di conseguenza la collinearità fra le variabili (Stock e Watson,2014). I dati panel vengono presentati di solito come segue: $y_{it} = \beta'x_{it} + u_{it}$; dove u_{it} è scomposto in a_i , che indica l'effetto individuale o eterogeneità non osservata ³⁸ ed in ε_{it} , che indica l'errore idiosincratico

³⁸ È il termine che indica una costante caratteristica di ogni unità statistica i , che tiene conto dell'effetto sulla variabile dipendente di un insieme di variabili non osservate costanti nel tempo. L'effetto individuale dunque è *time invariant*.

(Wooldridge,2006). Per l'analisi econometrica dei *dati panel* non è possibile assumere che le osservazioni siano indipendentemente distribuite nel tempo, motivo per cui si utilizzano metodi diversi. Rientra fra questi il modello *pooled OLS* – uno dei più semplici per la stima di *dati panel* che sfrutta lo stimatore dei minimi quadrati ordinari – il modello a effetti fissi (*Fixed Effect, FE*) e il modello ad effetti casuali (*Random Effect, RE*). Nel primo modello si andrà a considerare gli a_i come parametri fissi, ancorando l'insieme di caratteristiche specifiche proprie di ciascun individuo che restano immutate nel tempo (Baltagi,2021). Nel secondo, diversamente dal primo, gli a_i sono trattati come realizzazioni di una variabile aleatoria e non correlati ai regressori (Baltagi,2021). In tal modo, questi effetti si possono trattare nel *random effect model* come se fossero parte del termine di errore. La scelta dello stimatore può essere effettuata in relazione alla natura del dataset e tenendo conto del *trade-off* tra *robustness* ed *efficiency*. I *dati panel* di questo elaborato sono valutati come sbilanciati in quanto non è stato possibile ottenere dati per ogni azienda considerata nel campione ogni anno; in aggiunta, due sono le dimensioni di variabilità sia a livello aziendale, con una numerosità degli individui corrispondente a 1663 aziende, selezionati casualmente, sia a livello temporale, con un arco temporale contenuto di solo 5 periodi. Pertanto, il *random effect model* è quello che più si adatta al *dataset* di questo studio e permette di effettuare una stima più efficiente dei parametri relativi alle variabili che cambiano nel tempo.

Inoltre, la variabile dipendente di questo studio empirico è di tipo discreto: ciò indica quali società effettuano *reporting* sull'*emission trading* ed è rappresentata da una variabile binaria, dove $y_{it} = 1$ se l'evento è positivo e 0 altrimenti per ogni azienda i al tempo t . Inoltre, p_{it} è la probabilità che le aziende i partecipano al *reporting* dell'*emission trading* al tempo t , considerando che in funzione di variabili esplicative x_{it} e con $E(y_{it}) = 1$ si ottiene $p_{it} = Pr[y_{it}=1] = E(y_{it} / x_{it}) = F(x'_{it}\beta)$ (Baltagi,2021), dove le assunzioni di normalità e omoschedasticità degli errori sono violate, e difatti i residui sono dicotomi ed eteroschedastici (Pampel,2000). In aggiunta, la probabilità non deve eccedere i limiti di 0 e 1 e la relazione tra la probabilità e le variabili esplicative sia non lineare (Verbeek,2006; Stock e Watson,2014). A tal proposito si ricorre all'uso delle funzioni di ripartizione di tipo logistica o quella della normale standard che vincolano $F(x'_{it}\beta)$ ad essere compreso fra zero e uno (Baltagi,2021). Queste funzioni di probabilità sono note in letteratura come *logit* e *probit* rispettivamente. Non ci sono sostanziali differenze tra un approccio con l'altro e la scelta dipende esclusivamente da ragioni pratiche: in ambito economico è preferibile utilizzare i modelli *probit*. I risultati dell'analisi sono, quindi, basati sull'analisi dei *dati panel* con il modello *probit* ad effetti casuali. Il modello di ricerca proposto è formulato utilizzando la relazione funzionale data nell'equazione:

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + a_i + \varepsilon_{it}$$

In questo modello proposto, il y_{it} rappresenta la variabile dipendente ET, mentre con la variabile X_{it} si rappresentano quelle indipendenti come ENVIROM_PF, CR, QR, ROA, NPM, LEVERAGE, LOG_EBIT_ABS, EBITPOSNEG, WB e le variabili di controllo SIZELOG_ASSET, LOG_CAPEX e BS. L'indice "i" mostra l'impresa come variabile *panel*, e l'indice "t" mostra l'anno come variabile temporale. Inoltre, il termine nel modello " $a_i + \varepsilon_{it}$ " è il termine di errore: " a_i " è il termine specifico per ogni impresa e " ε_{it} " è l'errore idiosincratico. L'utilizzo dell'analisi *panel* effetti casuali permette di considerare gli effetti individuali come parte rilevante del termine d'errore e che siano non correlati con ogni variabile esplicativa. L'analisi di regressione a effetti casuali tiene conto della varianza *between* e non solo di quella *within* guadagnando in efficienza (Cottrell e Lucchetti, 2008) e permettendo di risparmiare molti gradi di libertà.

4.3. Risultati empirici

4.3.1. Statistiche descrittive

Il riepilogo delle statistiche descrittive per ciascuna variabile è presentato nella tabella sottostante (7). I risultati mostrano che circa il 15% delle aziende del campione emette *report* sull'*emission trading*, e quindi possono essere ritenute più trasparenti. Due sono le possibili ragioni per questo fenomeno: in primis, i dati coprono il periodo 2016-2020 e solo nel 2014 l'UE ha introdotto l'obbligo di informativa per le imprese di grandi dimensioni (Corte dei Conti Europee, 2019), mentre solo nel 2016 è stata resa obbligatoria alle imprese con numero di dipendenti superiori a 500. Nonostante i vantaggi nel redigere *report* di sostenibilità, in particolare sull'*emission trading*, per informare in modo chiaro e trasparente il mercato sull'impegno sostenibile delle imprese e aumentare la fiducia con gli stakeholders, questo non è risultato essere un trend rilevante. In secondo luogo, attualmente esiste ancora il divario tra le informazioni sulla sostenibilità comunicate dalle imprese e le esigenze degli utenti a cui tali informazioni sono destinate, aumentando l'asimmetria informativa sul mercato. Il 21 Aprile 2021, la Commissione Europea ha proposto di introdurre requisiti di trasparenza più stringenti sulla sostenibilità dell'impresa, nonché *standard* di *reporting* europei uniformi - normativa denominata *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) - utili per garantire la comparabilità delle informazioni e conseguire gli obiettivi del *Green Deal*. Inoltre, l'introduzione nel sistema normativo europeo

della tassonomia sulle attività economiche eco-compatibili permette di affrontare il cambiamento climatico in modo differente. Circa il 1,50% del campione ha dimostrato sensibilità verso aspetti di sostenibilità e biodiversità maggiormente rilevanti, in termini di progetti, valori, principi, policy e sistemi di gestione, gettando impegni e obiettivi futuri verso lo sviluppo sostenibile. La dimensione media delle aziende è di circa 22, che generalmente coincide con le PMI che costituiscono il tessuto produttivo degli Stati Membri dell'UE (Ufficio Studi Confcommercio,2009) e hanno un grado di solvibilità pari al 23,2%. In termini di performance, il ROA e LOG_EBIT_ABS medi sono del 3,88% e di 19%, rispettivamente. La parte delle spese in conto capitale (CAPEX) che si ipotizza vengano utilizzate per gli investimenti ambientali è all'incirca del 18%. La dimensione media del consiglio di amministrazione è di circa 10 e all'interno, le donne presenti quasi 30.

Variabile	MEDIA	MEDIANA	SQM	MIN	MAX
ET	0,148	0,000	0,355	0,000	1,00
ENVIROM_PF	0,0148	0,000	0,121	0,000	1,00
SIZELOG_ASSET	21,8	21,8	1,72	14,8	26,9
CR	1,69	1,35	1,60	0,0226	33,4
QR	1,31	1,01	1,66	0,0141	54,7
NPM	-1,56	0,0578	73,7	-4880e+003	42,9
ROA	0,0388	0,0427	0,113	-2,00	2,37

LOG_EBIT_ABS	19,0	19,0	1,78	10,1	24,1
EBITPOSNEG	0,0858	0,000	0,280	0,000	1,00
LOG_CAPEX	17,8	18,1	2,39	7,01	23,8
LEVERAGE	0,232	0,209	0,172	0,00506	5,24
WB	30,3	30,0	11,8	2,78	100,0
BS	9,69	9,00	3,53	1,00	27,0

Tabella 7: Statistiche descrittive delle variabili
Fonte: Elaborazione dell'autore

4.3.2. *Statistiche univariate*

È opportuno verificare il grado di correlazione tra la variabile dipendente (ET) e tutte le variabili esplicative. I risultati dell'analisi di correlazione con coefficienti di Pearson sono riportati nella tabella (). Osservandola possiamo notare che esiste una correlazione positiva con LOG_CAPEX, cioè a indicare che le aziende che hanno una maggiore *capital expenditure* possano svolgere maggiore *reporting* sull'attività di *emission trading*. Nella tabella 8 è riportato lo studio completo della correlazione fra variabili

	ET
ENVIROM_PF	-0,0037
SIZELOG_ASSET	0,3657
CR	-0,0669
QR	-0,0630
NPM	0,0091
ROA	-0,0215
LOG_EBIT_ABS	0,3219
EBITPOSNEG	-0,0420
LOG CAPEX	0,3742
LEVERAGE	0,0031
WB	0,0260
BS	0,3172

Tabella 8: Grado correlazione con ET. Valore critico al 5%
Fonte: elaborazione dell'autore.

4.3.3. *Statistiche multivariate*

Il modello 1 riporta i risultati della regressione *probit* a effetti casuali del reporting sull'*Emission Trading*. Tutte le variabili sono significative ad un livello di significatività del 5%. La colonna 5 mostra i risultati delle specifiche dell'ET rispetto alle variabili esplicative e di controllo. Si nota immediatamente come

alcune variabili non siano significative, mentre altre lo siano. Concentrando l'attenzione sulle variabili significative: tra le variabili significative rientrano quelle che riguardano l'area geografica (SUD, EST, OVEST, NORD), ma avendo tutte lo stesso *p-value* non è possibile osservare alcun fenomeno. Vi è ENVIROM_PF, che è una variabile dummy significativa con coefficiente 1,038 e che incide positivamente sulla variabile dipendente. È facilmente presumibile che le aziende che hanno una maggior sensibilità a finanziare progetti ambientali e di biodiversità non abbiano problemi ad essere trasparenti nell'attività dell'ET, producendo *reporting*. Tra le variabili significative vi è la dimensione dell'azienda (SIZE_LOG_ASSET), che incide positivamente sulla variabile dipendente, con un coefficiente 1,0135: una variazione percentuale dell'1% nella dimensione dell'azienda determina una variazione nella probabilità della variabile dipendente ET di 0,0101 punti percentuali. Dai nostri dati, sembra che le aziende più grandi tendano a effettuare maggiore reporting sull'attività di *emission trading*. Tra le variabili interessanti, vi è il LOG_CAPEX con un coefficiente di 0,66: una variazione percentuale dell'1% nella *capital expenditure* determina una variazione nella probabilità della variabile dipendente ET di 0,0066 punti percentuali. Ad indicare che le aziende che hanno maggior spesa in conto capitale – quelle che investono di più rispetto agli ammortamenti – sono le stesse che compiono più *reporting* sull'attività di *emission trading*. È possibile dedurre che in base ai dati osservati le aspettative iniziali sembrano essere confermate: parte di questi

investimenti possono essere investimenti ambientali, cosicché le aziende siano a credito sulle emissioni e quindi tale informazione possa essere riportata nell'attività di *trading*, definendo l'azienda virtuosa. Tra le variabili di governance: *woman in board* (WB) e *board size* (BS) si dimostrano statisticamente positive e significative con il *reporting* di ET; invece, con il leverage delle aziende sembra esserci una relazione negativa.

Modello 1: Probit a effetti casuali, usando 4944 osservazioni
 Includere 1663 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 5
 Variabile dipendente: ET
 8 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-41,2823	3,20573	-12,88	<0,0001	***
OVEST	-4,35456	0,598539	-7,275	<0,0001	***
SUD	-3,26243	0,578033	-5,644	<0,0001	***
NORD	-3,96254	0,569558	-6,957	<0,0001	***
ENVIROM_PF	1,03878	0,590832	1,758	0,0787	*
SIZELOG__ASSET	1,01358	0,144598	7,010	<0,0001	***
CR	0,608975	0,143365	4,248	<0,0001	***
QR	-0,448976	0,155684	-2,884	0,0039	***
NPM	0,00433594	0,0419097	0,1035	0,9176	
ROA	-1,33771	0,948813	-1,410	0,1586	
LOG_EBIT_ABS	0,116435	0,112577	1,034	0,3010	
EBITPOSNEG	0,684774	0,405018	1,691	0,0909	*
LOG_CAPEX	0,660126	0,0948095	6,963	<0,0001	***
LEVERAGE	-2,25307	0,536375	-4,201	<0,0001	***
WB	0,0153958	0,00847337	1,817	0,0692	*
BS	0,207977	0,0315322	6,596	<0,0001	***
Insigma2	2,91411	0,120643	24,15	<0,0001	***

Media var. dipendente	0,147654	SQM var. dipendente	0,354792
Log-verosimiglianza	-730,9935	Criterio di Akaike	1495,987
Criterio di Schwarz	1606,588	Hannan-Quinn	1534,773

I valori mostrati nella tabella 9 riguardano la *variance inflation factor* (VIF): essi suggeriscono che alcuni valori delle stime potrebbero risentire della multicollinearità. L'area geografica potrebbe (SUD, NORD, EST, OVEST) dare problemi, ma considerato che nel modello non aggiunge valore esplicativo all'ET, ciò potrebbe essere non considerato.

	ET
OVEST	12,981
SUD	6,168
NORD	13,550
ENVIROM_PF	1,026
SIZELOG_ASSET	6,002
CR	3,776
QR	3,753
NPM	1,046
ROA	1,412
LOG_EBIT_ABS	4,835
EBITPOSNEG	1,400
LOG_CAPEX	2,913
LEVERAGE	1,084
WB	1,031
BS	1,672

Tabella 9: Test VIF.
Fonte: Elaborazione dell'autore.

Il modello 4 illustra una stima senza le variabili dell'area geografica, considerando il criterio di Akaike che è di 1519,958 rispetto al 1495,987, questa stima è migliore di quella precedente. Inoltre, *ceteris paribus* è migliorata anche a livello di significatività statistica.

Modello 4: Probit a effetti casuali, usando 4944 osservazioni
 Incluse 1663 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 5
 Variabile dipendente: ET
 8 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-42,4857	3,05517	-13,91	<0,0001	***
ENVIROM_PF	1,74292	0,646941	2,694	0,0071	***
SIZELOG_ASSET	0,759851	0,131968	5,758	<0,0001	***
CR	0,628563	0,123527	5,088	<0,0001	***
QR	-0,466567	0,146019	-3,195	0,0014	***
NPM	0,0345194	0,100503	0,3435	0,7312	
ROA	-2,96327	0,892212	-3,321	0,0009	***
LOG_EBIT_ABS	0,189512	0,112472	1,685	0,0920	*
EBITPOSNEG	0,816843	0,421397	1,938	0,0526	*
LOG_CAPEX	0,734262	0,0900126	8,157	<0,0001	***
LEVERAGE	-2,84232	0,535867	-5,304	<0,0001	***
WB	0,0230774	0,00820136	2,814	0,0049	***
BS	0,204479	0,0285608	7,159	<0,0001	***
lnsigma2	2,89282	0,119120	24,28	<0,0001	***

Media var. dipendente	0,147654	SQM var. dipendente	0,354792
Log-verosimiglianza	-745,9788	Criterio di Akaike	1519,958
Criterio di Schwarz	1611,041	Hannan-Quinn	1551,899

4.3.4. *Endogeneità*

Una delle questioni discusse in questo elaborato riguardo la relazione fra il *reporting* sull'*emission trading* e la CAPEX è l'endogeneità. Tale preoccupazione deriva dal problema di causalità inversa, perché non è chiaro se sia un maggior investimento in termini di *capital expenditure* a determinare l'attività di *trading* sul *carbon markets* o viceversa. Potrebbe essere quindi motivo di critica - e si potrebbe obiettare - che è probabile che le aziende possano compiere *emission trading* acquistando sul mercato *carbon credits* e di conseguenza, investire meno in EI. Pertanto, per superare questa problematica sono stati inseriti dei ritardi: se CAPEX al tempo t-1 è legato positivamente al reporting dell'ET, al tempo t è possibile affermare che ci sia successione temporale. Come mostra il modello 7, il risultato sulle spese in conto capitale è coerente con i risultati della regressione Probit dei dati panel.

Modello 7: Probit a effetti casuali, usando 3159 osservazioni
 Includere 1214 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 4
 Variabile dipendente: ET
 32 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	coefficiente	errore	std.	z	p-value
const	-46,8099		4,80425	-9,743	1,97e-022 ***
ENVIROM_PF_1	0,775349		1,20707	0,6423	0,5207
SIZELOG_ASSET_1	-0,124606		0,268583	-0,4639	0,6427
CR_1	0,608268		0,162868	3,735	0,0002 ***
QR_1	-0,619148		0,258675	-2,394	0,0167 **
NPM_1	-0,181378		0,285358	-0,6356	0,5250
ROA_1	0,289425		2,61975	0,1105	0,9120
LOG_EBIT_ABS_1	-0,0787055		0,252043	-0,3123	0,7548
EBITPOSNEG_1	-2,48084		1,00062	-2,479	0,0132 **
LOG_CAPEX_1	2,14459		0,283510	7,564	3,90e-014 ***
LEVERAGE_1	0,473013		0,792625	0,5968	0,5507
WB_1	0,0257078		0,0153946	1,670	0,0949 *
BS_1	0,253651		0,0535018	4,741	2,13e-06 ***
lnsigma2	4,06029		0,202738	20,03	3,19e-089 ***

Media var. dipendente	0,168091	SQM var. dipendente	0,374006
Log-verosimiglianza	-544,6137	Criterio di Akaike	1117,227
Criterio di Schwarz	1202,039	Hannan-Quinn	1147,654
Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard			

4.3.5. *Ulteriori controlli*

È interessante notare che, come notato sopra, i risultati indicano che gli investimenti ambientali (EI) hanno un impatto significativo positivo sul *reporting* dell'attività di *trading* sul *carbon market*. Questo suggerisce che quando le aziende inducono l'accrescimento del CAPEX, una buona parte di questi investimenti riguarda gli investimenti ambientali, aumentando anche il *reporting* sull'*emission trading* di tipo virtuoso, ovvero le aziende vendano *carbon credits*. Per verificare che l'effetto che si nota sulla variabile dipendente non sia di tipo dimensionale, ma possa essere attribuito agli investimenti, le aziende del campione sono state classificate in base 1° terzile (0,33%), al 2° terzile (66,66%) e al 3° terzile della dimensione dell'azienda (Total Asset). Tre sono i gruppi considerati: aziende piccole (classe 1), aziende medie (classe 2) e aziende grandi (classe 3) con all'incirca la stessa numerosità. La classe 1 contiene 556 aziende con 2780 osservazioni, la classe 2 contiene 565 con 2825 osservazioni e la classe 3 ha all'interno 542 aziende con 2710 osservazioni.

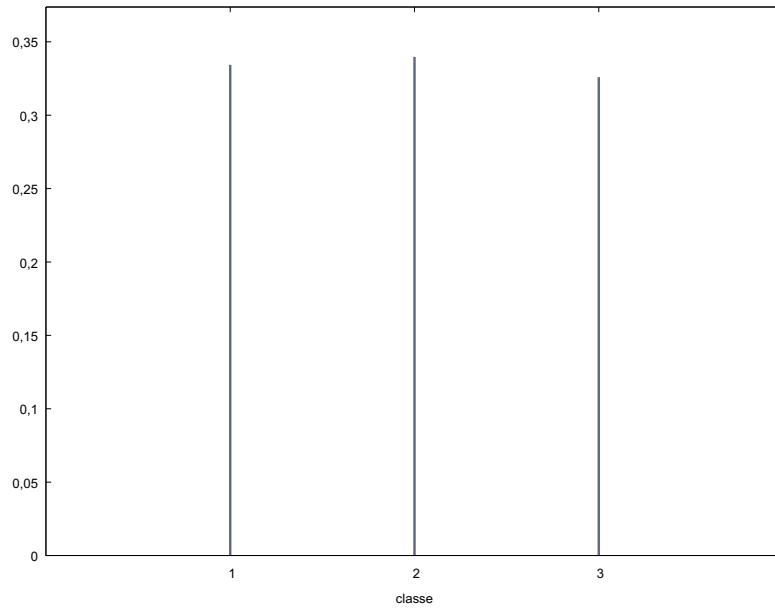


Grafico 34: Distribuzione di frequenza delle classi
Fonte: Elaborazione dell'autore

Distribuzione di frequenza per classe, oss. 1-8315				
	Frequenza	Rel.	Cum.	
1	2780	33,43%	33,43%	*****
2	2825	33,97%	67,41%	*****
3	2710	32,59%	100,00%	*****

Tabella 10. Distribuzione di frequenza per classe
Fonte: Elaborazione dell'autore

Dopodiché, sono state effettuate le stime per ogni classe con lo stimatore *probit* ad effetti casuali ritardato per essere sicuri che l'effetto sul *reporting* del *carbon trading* dipenda solo dagli *environmental investment* (Capex). Il modello 9

mostra i risultati per le aziende medie (classe 2) e il modello 10 per quelle grandi (classe 3): il risultato è significativo per LOG_CAPEX permettendo di affermare che l'effetto osservato per la variabile dipendente è non dimensionale, ma quindi legato prettamente agli investimenti.

Modello 9 per la classe 2: Probit a effetti casuali, usando 1130 osservazioni
 Includere 473 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 4
 Variabile dipendente: ET
 32 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	coefficiente	errore std.	z	p-value	
const	-180,027	89,9522	-2,001	0,0454	**
ENVIROM_PF_1	0,00321291	11,6242	0,0002764	0,9998	
CR_1	1,45934	0,863117	1,691	0,0909	*
QR_1	-4,33224	2,48018	-1,747	0,0807	*
NPM_1	-0,652322	1,25663	-0,5191	0,6037	
ROA_1	27,2039	22,9888	1,183	0,2367	
LOG_EBIT_ABS_1	-0,303139	1,70046	-0,1783	0,8585	
EBITPOSNEG_1	-2,02391	4,51488	-0,4483	0,6540	
LOG_CAPEX_1	5,89427	2,92806	2,013	0,0441	**
LEVERAGE_1	-31,7243	16,1396	-1,966	0,0493	**
WB_1	0,238861	0,120692	1,979	0,0478	**
BS_1	2,04706	0,937717	2,183	0,0290	**
Insigma2	7,48590	0,959495	7,802	6,10e-015	***

Media var. dipendente	0,064602	SQM var. dipendente	0,245931
Log-verosimiglianza	-127,6117	Criterio di Akaike	281,2234
Criterio di Schwarz	346,6130	Hannan-Quinn	305,9281
Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard			

Modello 10 per la classe 3 : Probit a effetti casuali, usando 1625 osservazioni
 Includi 510 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 4
 Variabile dipendente: ET
 32 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	coefficiente	errore std.	z	p-value	
const	-57,7136	8,30637	-6,948	3,70e-012	***
ENVIROM_PF_1	5,35636	1,82450	2,936	0,0033	***
CR_1	1,93637	0,743801	2,603	0,0092	***
QR_1	-1,80264	0,796979	-2,262	0,0237	**
NPM_1	-4,94101	1,34966	-3,661	0,0003	***
ROA_1	2,59936	5,66033	0,4592	0,6461	
LOG_EBIT_ABS_1	0,224045	0,247772	0,9042	0,3659	
EBITPOSNEG_1	-1,11547	1,66772	-0,6689	0,5036	
LOG_CAPEX_1	2,19988	0,330582	6,655	2,84e-011	***
LEVERAGE_1	-3,30452	1,22785	-2,691	0,0071	***
WB_1	0,0504386	0,0189161	2,666	0,0077	***
BS_1	0,243606	0,0608800	4,001	6,30e-05	***
lnsigma2	4,90670	0,283530	17,31	4,26e-067	***

Media var. dipendente	0,273231	SQM var. dipendente	0,445756
Log-verosimiglianza	-338,8504	Criterio di Akaike	703,7009
Criterio di Schwarz	773,8133	Hannan-Quinn	729,7157
Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard			

Nel modello con le aziende piccole (classe 1) si intravede l'effetto non dimensionale sulla variabile ET poiché il coefficiente è 0,28 è molto vicino alla significatività, ma non si può dire che sia significativamente statistica nonostante sia positivo – e in linea con il modello di stima senza ritardi –. Probabilmente è dovuto al fatto che il modello *probit* a effetti *random* con i ritardi per questa classe va a intaccare sul numero di osservazioni e quindi non permetta di ottenere un risultato interessante nonostante si intraveda un risultato.

Modello 8 per la classe 1: Probit a effetti casuali, usando 404 osservazioni
 Includi 231 unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 4
 Variabile dipendente: ET
 32 punti di quadratura utilizzati
 Errori standard basati sull'Hessiana

	coefficiente	errore std.	z	p-value
const	-96,5000	86,4335	-1,116	0,2642
CR_1	10,8465	10,5472	1,028	0,3038
QR_1	-8,42965	8,51992	-0,9894	0,3225
NPM_1	5,86227	8,74685	0,6702	0,5027
ROA_1	105,564	100,334	1,052	0,2927
LOG_EBIT_ABS_1	-28,5590	27,5131	-1,038	0,2993
LOG_CAPEX_1	26,6483	24,8739	1,071	0,2840
LEVERAGE_1	-94,3373	90,5541	-1,042	0,2975
WB_1	-1,74247	1,63280	-1,067	0,2859
BS_1	3,19409	3,27740	0,9746	0,3298
lnsigma2	9,18659	1,87275	4,905	9,32e-07 ***

Media var. dipendente	0,034653	SQM var. dipendente	0,183127
Log-verosimiglianza	-36,87799	Criterio di Akaike	95,75598
Criterio di Schwarz	139,7715	Hannan-Quinn	113,1799
Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard			

4.4. Discussione dei risultati

L'elaborato indaga non soltanto sull'esistenza di una relazione fra il *trading* sul *carbon market* ed *environmental investment* ma anche sulla tipologia della relazione. La tipologia di attività che svolgono le aziende che sia essa acquisto o di vendita nel *carbon market* non è stata possibile osservarla direttamente, ma solo indirettamente tramite il *reporting* sull'attività di *trading*. Per cui il modello proposto va ad osservare se le aziende che effettuano il *reporting*

sull'*emission trading* possano dipendere dall'aumento delle spese in conto capitale, ossia dagli investimenti. È stato utilizzato il logaritmo naturale del *capital expenditure* nei vari test effettuati, i risultati sono coerenti in ogni modello. Questi risultati sono coerenti con l'affermazione che le imprese che sono meno virtuose perché realizzano minor investimenti sostenibili – che hanno una minor quota di CAPEX – per evitare le sanzioni del mercato comprano *carbon credits* e che quindi quest'attività è registrata nel *reporting del trading*, mentre le aziende “più brave” che realizzano maggior investimenti ambientali siano anche in *surplus* di *carbon credits*, registrando l'attività sul *reporting*. Pertanto, si potrebbe fornire prova empirica iniziale del fattore trainante del *capital expenditure investment* sui *carbon credits* poiché vi è un'enfasi sulle tematiche legate al cambiamento climatico e alla responsabilità sociale e ambientale. Questa prova empirica iniziale potrebbe avere uno sviluppo interessante se fosse possibile raccogliere un'ampia gamma di dati e utilizzare variabili che in qualche modo misurano in modo più accurato gli investimenti ambientali e il *trading* sul *carbon market*.

CONCLUSIONE

Lo sviluppo di tecnologie e di sistemi a tutela dell'ambiente e volti a promuovere le riduzioni delle emissioni è diventata una vera e propria esigenza per la società attuale. Ne sono una dimostrazione i crescenti dibattiti attorno a tali tematiche e le politiche di protezione ambientale sempre più stringenti, implementate da Kyoto ad oggi. Per affrontare efficacemente i cambiamenti climatici e raggiungere l'obiettivo a lungo termine di ridurre a zero i livelli di carbonio entro il 2050, i paesi del mondo hanno introdotto l'*emission trading*. Qualora fosse imposto a tutti i settori economici globali un controllo delle proprie emissioni, di certo, verrebbe compiuto un significativo passo verso la lotta ai cambiamenti climatici. Tuttavia, il problema sembra essere soltanto una questione prioritaria nell'agenda dei paesi sviluppati; viceversa, i paesi in via di sviluppo rivendicano il diritto a crescere economicamente mediante l'aumento della produttività e, di conseguenza, delle emissioni di gas serra. Nel mondo sono nati numerosi mercati di scambio, ma la maggior parte di recente istituzione. Il loro volume di scambio è in crescita e gli operatori finanziari sempre più attenti a tali scenari, alla ricerca di nuove opportunità di investimento e speculazione.

L'European Emission Trading Scheme vanta di essere il primo prototipo del più grande mercato delle emissioni di carbonio, che ha costituito una prima esperienza del mercato transfrontaliero per gli analoghi sistemi che continuano a nascere in tutto il mondo. Il sistema limita le emissioni prodotte da oltre 12.000

impianti e controlla oltre il 45% delle emissioni di carbonio europee, appartenenti a diversi settori. Questo mercato ha costretto tali aziende ad un rigido controllo delle proprie attività: allo stesso tempo, ha fornito un nuovo strumento, non solo per ridurre le emissioni di GHG, ma anche per trarre profitto dalla loro vendita e acquisto. Questi 20 anni sono stati quindi un'esperienza di apprendimento positiva e di successo, nonostante siano emersi diversi punti deboli, analizzati a fondo in questo elaborato passando dalle problematiche dell'EU ETS – le prime fasi di volatilità del prezzo, l'eccesso di offerta o il *carbon leakage* – a quelle del mercato volontario, dove la mancanza di un unico standard rendono il mercato altamente frammentato ed un luogo in cui la pratica di *greenwashing* potrebbe insediarsi facilmente. Il mercato dell'*Emission Trading*, tuttavia, incoraggia le aziende a perseguire progetti e/o tecnologie *low carbon*, i cosiddetti *environmental investment*, che rimangono un modo per valutare la prestazione dei *carbon credits*.

L'obiettivo prefigurato in questa tesi è stato quello di verificare la presenza di una qualche relazione fra il *carbon trading* e gli investimenti ambientali, che possano spiegare la tipologia delle aziende – che esse siano le più virtuose o meno virtuose – ad attuare l'*emission trading* in acquisto o in vendita a seconda dell'aumento o della diminuzione degli *environmental investments*. A differenza dei lavori pre-esistenti in questo elaborato sono stati utilizzati due dimensioni di variabilità attraverso *panel analysis* con un arco temporale di medio-lungo periodo, che parte dal 2016 al 2020. Per procedere alla fase di studio statistico di tale

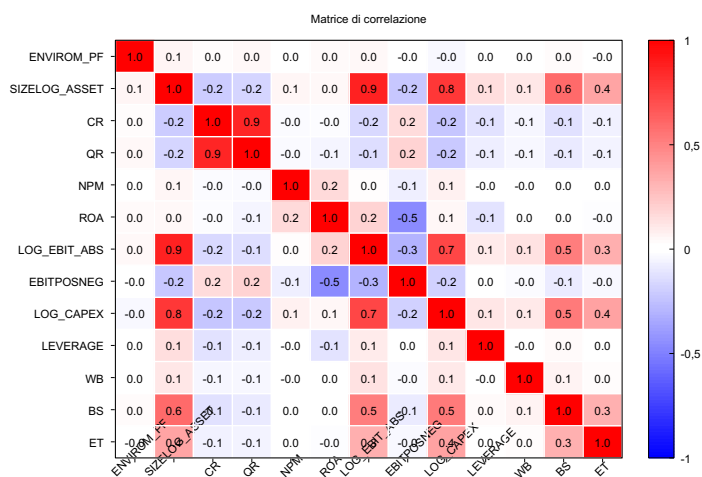
relazione è stato costruito un modello *probit* con effetti *random*. Non è stato possibile osservare direttamente se un'azienda svolga una certa attività di *trading*, sia essa in acquisto in vendita, ma solo in modo indiretto. Per tale ragione il modello va a verificare se le aziende hanno rilasciato *reporting* sull'*emission trading* e se questo possa dipendere dal Capex come *proxy* degli investimenti ambientali. Nell'elaborato si dimostra che le aziende meno virtuose in termini di investimenti ambientali, per evitare un impatto negativo delle sanzioni, acquistano *carbon credits* e che questi vengano registrati nel *reporting* dell'*emission trading*, e viceversa. Il modello è stato sottoposto a controllo dell'endogeneità per evitare la causalità inversa e a verifica in 3 tipi di sottocampioni per accertarsi che l'effetto osservato nel *reporting* dell'*emission trading* non sia legato ad un fattore dimensionale, bensì esclusivamente agli investimenti. Il risultato è interessante e potenzialmente rivelatore sia per le aziende grandi e medie: per le aziende di piccole dimensioni, tuttavia, non stato possibile ottenere una verifica in termini statistici, sebbene i risultati siano prossimi alla significatività. Inoltre, le variabili a disposizione sono solo *proxy*: ciò comporta che il potere esplicativo esista, ma sia ridotto. I risultati potrebbero avere implicazioni pratiche, sia per manager che aziende che potrebbero investire di più in progetti low carbon per essere definiti virtuosi, ma sarebbe opportuno ottenere sia dati che variabili puntuali.

APPENDICE

Tabella 11: correlazioni fra le variabili

	OVEST	EST	SUD	NORD	ENVIRON	SIZELOG_CR	QR	NPM	ROA	LOG_EBIT	EBITPOSNEG	LOG_CAPEX	LEVERAGE	WB	BS	ET	
OVEST	1	-0,1121	-0,2819	-0,765	0,0201	0,233	-0,0114	-0,0049	-0,0115	-0,0533	0,1986	-0,0039	0,2087	-0,0209	0,1173	0,1998	0,0284
EST		1	-0,0503	-0,1365	-0,0173	0,0087	-0,0265	-0,0246	0,0031	0,01	-0,0073	-0,0121	0,063	-0,0594	-0,0561	-0,0185	0,1302
SUD			1	-0,3432	-0,017	0,0651	-0,0314	-0,0155	0,0077	-0,0045	0,0253	0,0169	0,066	0,1365	-0,0583	0,1944	0,1247
NORD				1	-0,004	-0,2706	0,0383	0,0214	0,0055	0,052	-0,2074	-0,0035	-0,2625	-0,0494	-0,0619	-0,3123	-0,1426
ENVIRON_PF					1	0,0551	0,0267	0,0411	0,0032	0,0348	0,0439	-0,0195	-0,0405	0,0103	0,0126	0,0308	-0,0037
SIZELOG_ASSET						1	-0,2143	-0,1757	0,0545	0,0425	0,8702	-0,2291	0,7889	0,1434	0,1121	0,5901	0,3657
CR							1	0,8529	-0,0291	-0,0264	-0,1656	0,152	-0,2333	-0,1254	-0,0515	-0,1289	-0,0669
QR								1	-0,0332	-0,0569	-0,1462	0,1829	-0,2208	-0,0812	-0,0501	-0,0994	-0,063
NPM									1	0,1624	0,0213	-0,0741	0,0699	-0,0045	-0,0043	0,0148	0,0091
ROA										1	0,1848	-0,4622	0,0504	-0,1224	0,0084	0,0148	-0,0215
LOG_EBIT_ABS											1	-0,3112	0,7324	0,0928	0,1256	0,5139	0,3219
EBITPOSNEG												1	-0,1943	0,0003	-0,0302	-0,0966	-0,042
LOG_CAPEX													1	0,1146	0,1021	0,5274	0,3742
LEVERAGE														1	-0,0064	0,0327	0,0031
WB															1	0,0627	0,026
BS																1	0,3172
ET																	1

Tabella 12: Matrice delle correlazioni



BIBLIOGRAFIA

- Carbon Offset Guide. *Joint Implementation*. 2021.
<https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/united-nations-offset-mechanisms/joint-implementation/>.
- (UNTC), United Nations Treaty Collection. *Paris Agreement*. 2021.
https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en.
- A.Kollmuss, M.Lazarus, C.Lee and C.Polycarp. «A Review of offset programs: Trading Systems, Funds, Protocols, Standards and Retailers.» *Research Report, Stockholm Environment Institute*, 2008.
- Abrell, J., A. Faye, e G. Zachmann. «Assessing the impact of the EU ETS using firm level data.» *Bruegel Working Paper No. 2011/08*, 2011.
- Aghion, P., R. Veugelers, e C. Serre. «Cold Start per la Green Innovation Machine.» *Contributo alla politica di Bruegel*, 2009.
- Alber, G., e K. Kern. «Governing climate change in cities: modes of urban climate governance in multi-levels systems.» *OECD annual International Conference*, 2008.
- Aldred, J. «The ethics of emissions trading.» *New Polit. Econ.*, 2012.
- Alewine, H.C., e D.H. Stone. «How does environmental accounting information influence attention and investment?» *International Journal of Accounting and Information Management*, 2013.
- AMB Studio . *Perchè il sistema EU ETS?* 22 June 2020.
<https://www.ambstudio.net/come-funziona-sistema-ue-ets/>.
- Anderson, B., e C. Di Maria. «Abatement and allocation in the pilot phase of the EU ETS.» *Environ. Resour. Econ*, 2011.
- Anderson, B., F. Convery, e C. Di Maria. *Technological change and the EU ETS: The case of Ireland*. IEFE Working Paper n.43, Milan : Bocconi University , 2011.
- Andersson, J. «Carbon Taxes and CO2 emissions: Sweden as a case study.» *American Economic Journal: Economic Policy*, 2019.
- Andrew, R.M., e P.G. Peters. «A comparison of estimates of global carbon dioxide emissions from fossil carbon sources.» *Earth System Science Data*, 2020.
- Anger, N., e U. Oberndorfer. «Firm performance and employment in the EU emission Trading scheme: an empirical Assessment for Germany.» *Energy Policy*, 2008.
- Apadula, F., e A. Negri. «Cambiamenti climatici: dubbi, certezze e probabili impatti sul sistema elettrico.» *CESI Ricerca*, 2008.
- Arrow, K. et al. *Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health and safety regulation?* 1996.
- Assarmatori. «EU Taxonomy.» *Assarmatori*. 2020. <https://www.assarmatori.eu/wp-content/uploads/2020/08/EU-Tassonomia-Background-IT-Version.pdf>.
- Atif, M., M. Hossain, Md. Samsul Alam, e Marc Goergen. «Does board gender diversity affect renewable energy consumption?» *Journal of Corporate Finance*, 2021.

- Backstrand, K., e E.. Lovbrand. «Planting trees to mitigate climate change : Contested discourses of ecological modernization, green governmentality and civic environmentalism .» *Global Environmental Politics*, 2006.
- Bagur-Femenias, L.A., J.A. Perramon, e O.B. Amat. «Impact of quality and environmental investment on business competitiveness and profitability in small services business: the case of travel agencies .» *Total Quality Management and Business Excellence*, 2015 .
- Bakam, I., B. Balana, e R. Matthews. «Cost-effectiveness analysis of policy instruments for greenhouse gas emission mitigation in the agricultural sector.» *Journal Environ. Manag.*, 2012.
- Baltagi, B.H. *Econometric Analysis of Panel Data* . Springer , 2021.
- Banasik, E., M. Barut, e L. Kloot. «Socially responsible investment: labour standards and environmental, social and ethical disclosures within the SRI Industry .» *Australian Accounting Review* , 2010.
- Barbu, E.M., P. Dumontier, N. Feleaga, e L. Feleaga. «Mandatory environmental disclosures by companies complying with IASs/IFRSs: The cases of France, Germany and the UK.» *The International Journal of Accounting* , 2014.
- Bayer, P., e M. Aklin. «The European Union emission trading system reduced CO2 emissions despite low price.» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020.
- Beck, U. *La società del rischio. Verso una seconda modernità*. Roma: Carocci , 2000.
— . *La società globale del rischio* . Trieste : Asterios , 2001.
- Bellassen, V., e B. Leguet. «The emergence of voluntary carbon offsetting.» Report , 2007.
- Bellini, M. «Green Deal: le nuove misure della Commissione UE per centrare gli obiettivi climatici del 2030.» *ESG 360*. 15 July 2021. <https://www.esg360.it/normative-e-compliance/green-deal-le-nuove-misure-della-commissione-ue-per-centrare-gli-obiettivi-climatici-del-2030/>.
- Ben-Amar, W., M. Chang, e P. McIlkenny. «Board Gender Diversity and corporate response to sustainability initiatives: Evidence from Carbon Disclosure Project.» *Journal of Business Ethics* , 2015 .
- Berliner, D., e A. Prakash. «Signaling environmental stewardship in the shadow of weak governance: the global diffusion of ISO 14001.» *Law & Society Review*, 2013.
- Bertin, E. *Compensazione CO2 (Carbon offset): una breve guida* . September 2021. <https://climaseed.com/blog/compensazione-co2-carbon-offset-una-breve-guida>.
- Beske, F., E. Haustein, e P. C. Lorson. «Materiality analysis in sustainability and integrated reports.» *Sustainability Accounting Management and Policy Journal* , 2020.
- Best, R., P.J. Burke, e F. Jotzo. «Carbon pricing efficacy: Cross.Country evidence.» *Environment Resource Economics*, 2020.
- Betz, R., e M. Sato. «Emissions trading: lessons learnt from the 1st phase of the EU ETS and prospects for the 2nd phase.» *Climate Policy* , 2006.

- Betz, R., W. Eichhammer, e J. Schleich. «Designing national allocation plans for EU-emissions trading – a first analysis of the outcomes.» *Energy Environm.*, 2004.
- Bini, L., M. Bellucci, e F. Giunta. «Integrating sustainability in business model disclosure: Evidence from the UK mining industry.» *Journal of Cleaner Production* , 2018.
- Birgen Skjaerseth, J., e J. Wettestad. *EU Emission Trading: Initiation, decision-making and implementation*. Hampshire: Ashgate Publishing Company, 2008.
- Blaufelder, C., C. Levy, P. Mannion, e D. Pinner. «A blueprint for scaling voluntary carbon markets to meet the climate challenge.» *McKinsey Sustainability*. 29 January 2021. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>.
- Blodgett, J., e L. Parker. *Greenhouse gas emissions drivers: population economic development and growth and energy use*. 2010.
- Blum, M., e E. Lovbrand. «The return of carbon offsetting? The discursive legitimation of new market arrangements in the Paris climate regime .» *Earth System Governance*, 2019.
- Bolla, V., e V. Pendolovska. *Driving forces behind EU-27 greenhouse gas emission over the decade 1999-2008*. 2011.
- Bonifant, BC., MB. Arnold, e FJ Long. «Ottenere un vantaggio competitivo attraverso investimenti ambientali .» *Business Horizons* , 1995 .
- Borghesi, S. «Water tradable permits: a review of theoretical and case studies.» *Journal Environ. Plann. Manage*, 2013.
- Borghesi, S., e M. Montini. «The best (and Worst) of GHG emission Trading systems: Comparing the EU-ETS with its followers.» *Energy Res.*, 2016.
- Borghesi, S., G. Cainelli, e M. Mazzanti. *Brown sunsets and green dawns in the industrial sector: Environmental innovations, firm behavior and the European emission trading* . Working Paper No. 3.2012,, Milan: FEEM, 2012.
- Borghesi, S., G. Cainelli, e M. Mazzanti. «Linking emission trading to environmental innovation: evidence from the Italian manufacturing industry.» *Res. Policy* , 2015.
- Bravo, F., S. Mikolajczyk, e L. Mongendre. «Dashboard of voluntary carbon market.» *Climate Focus*. March 2021. <https://www.climatefocus.com/initiatives/voluntary-carbon-market-dashboard>.
- Brink, C., H.R. Vollebergh, e E. Van der Werf. «Carbon pricing in the eu: evaluation of different eu ets reform options.» *Energy Policy* , 2016.
- Brink, E., e C. Wamsler. *Citizen engagement in climate adaptation surveyed: The role of values, worldviews, gender and place.*, 2019.
- Broecker, W.S. «Climate Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?» *Science*, 1975: 460-463.
- Bryner, G.C. «Carbon markets: reducing greenhouse gas emission through emissions trading .» *Tulane Environmental Law Journal* , 2004.
- Buckley, N., S. Mestelman, e A. Muller. «Baseline-and-credit emission permit trading: experimental evidence under variable output capacity.» Working paper, 2005.

- Buckley, N., S. Mestelman, e A. Muller. «Cap-and-trade versus baseline-and-credit emission trading plans: experimental evidence under variable output capacity.» *McMaster Experimental Economics Laboratory Publications*, 2004.
- Buisseret, T., H. Cameron, e L. Georghiou. «What difference does it make-Additionality in the Public support of R&D in large firms.» *International Journal of Technology Management*, 1995.
- Bumpus, A. G., e D.M. Liverman. «Accumulation by decarbonization and the governance of carbon offsets.» *Economic Geography*, 2008.
- Burniaux, J., J. Chateau, Dellink R., Duval R., e S. Jamet. «The economics of climate change mitigation: how to build the necessary global action in a cost-effective manner.» *Economics department working papers*, 2009.
- Burtraw, D., K., Munnings, C. Palmer, P. Weber, e M. Woerman. *Linking by Degrees – Incremental Alignment of Cap and Trade Markets*. Discussion Paper, Washington DC: Resources for future, 2013.
- Burzec, M., e K. Lewis. «Voluntary Carbon Market: Challenges and Promises of the Green Transition Tool.» *EY*. August 2021. https://www.ey.com/en_pl/law/voluntary-carbon-market.
- Busch, T., A. Bassen, e S. Lewandowski. «Corporate Carbon and Financial Performance Revisited.» *Organization & Environment*, 2020.
- C.P.Doncaster. *Timeline of human condition-Milestones in evolution and History*. 12 settembre 2021. <https://www.southampton.ac.uk/~cpd/history.html>.
- C2ES- Center for Climate and Energy Solutions. *Cap and trade basics*. 2020. <https://www.c2es.org/content/cap-and-trade-basics/>.
- Calel, R., e A. Dechezleprete. «Environmental Policy and direct technology change: evidence from the European carbon market.» *EconPapers*, 2012.
- Calel, R., e A. Dechezleprete. «Environmental policy and directed technological.» *Review of Economics and Statistics*, 2015.
- Calvi, M. *EU ETS: Come funziona e le principali novità introdotte dalla Riforma della fase 4*. February 2021. <https://edelweiss-energia.it/eu-ets-come-funziona-e-le-principali-novita-introdotte-dalla-riforma-della-fase-4-2021-2030/>.
- Caney, S., e C. Hepburn. «Carbon Trading: unethical, unjust and ineffective? .» *R. Inst.Filosofia Suppl.*, 2011.
- Capasso, G., G. Gianfrate, e M. Spinelli. «Climate change and credit risk .» *Journal of Cleaner Production*, 2020.
- Carbomark- LIFE+. «Guida alla partecipazione a Carbomark.» Guida, Venezia, 2011.
- Carbon Market, W. *The Joint Implementation offsetting mechanism is deeply flawed-time to consign it to history?* 25 June 2014. <https://carbonmarketwatch.org/2014/06/25/the-joint-implementation-offsetting-mechanism-deeply-flawed-time-to-consign-it-to-history/>.
- Carbon Offset Guide. *Voluntary Offset Programs*. 2021. <https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/voluntary-offset-programs/>.

- Cariou, P., E. Lindstad, e H. Jia. «The impact of an EU maritime emissions trading system on oil trades.» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2021.
- Carmignac. *ABC Of Taxonomy*. November 2021.
https://www.carmignac.ch/en_GB/markets-and-outlook/flash-note/the-abc-of-taxonomy-6353.
- Carpenter, A., e M. Wagner. «Environmental justice in the oil refinery industry: a panel analysis across United States counties.» *Ecol.Econ.* , 2019.
- Caselli, F. «Accounting for cross-country income differences.» In *Handbook of Economic Growth* , di S. Durlauf. 2005.
- CE. *Commission delegated regulation 2021/237*. Brussels: Commissione Europea, 2020.
- CE. *Directive 2003/87/EC Establishing a Scheme for Greenhouse Gas Emission Allowance Trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC*. Strasbourg: Parlamento Europeo e il consiglio Europeo, 2003.
- CE. *Directive 2009/29/EC Amending Directive 2003/87/EC so as to Improve and Extend the Greenhouse Gas Emission Allowance Trading Scheme of the Community*. Strasbourg: Parlamento e Consiglio Europeo, 2009.
- CE. *Direttiva 2003/87/CE - Direttiva ETS*. Brussels: Parlamento Europeo, 2003.
- CE. *DIRETTIVA 2004/101/CE* . Brussels: Parlamento e Consiglio Europeo, 2004.
- CE. *Direttiva MIFID II*. Brussels: Parlameto europeo, 2018.
- . *Fasi 1 e 2 (2005-2012)*. 2021. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_it.
- . «Piano Clima-Energia 20-20-20.» *Scheda Tecnica del 3x20*. 2009.
<https://www.schede-tecniche.it/pacchetto-clima-energia-20-20-20.html>.
- CE. *Regolamento UE 389/2013*. Brussels: Commissione Europea, 2013.
- . *Sistema per lo scambio delle qupte di emissioni dell'UE* . 2021.
https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_it#ecl-inpage-685.
- . *Trasferimento delle emissioni del CO2*. 2021. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_it.
- Cecere, G., N Corrocher, e M. Mancusi. «Financial constraints and public funding of eco-innovation: empirical evidence from european SMEs.» *Small Business Economics*, 2020.
- Center for Climate and Energy solutions . *Cap and Trade*. Report , Vancouver: C2ES.ORG, 2011.
- CFI. *Voluntary Carbon Market*. 2021.
<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/voluntary-carbon-market/>.
- Chaumeau, C. «Mururoa: le cout écolouique des essais nucléaires.» *Le Monde*, 17 01 2012: https://www.lemonde.fr/planete/article/2012/01/17/mururoa-le-cout-ecologique-des-essais-nucleaires_1630710_3244.html .
- Chelazzi, G. *L'impronta originale. Storia naturale della colpa ecologica*. Milano: Einaudi, 2013.

- Chen, Y., C. Wang, P. Nie, e Z. Chen. «A clean innovation comparison between carbon tax and cap-and-trade system.» *Energy strategy Reviews*, 2020.
- Chestney, N. *Global Carbon markets value surged to record \$ 277 billion last year-Refinitiv*. January 2021. <https://www.reuters.com/article/us-europe-carbon-idUSKBN29W1HR>.
- Cho, C.H., M. Freedman, e D.M. Patten. «Corporate disclosure of environmental capital expenditures: A.» *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 2012.
- Clarke, L. et al. «Assessing Transformation Pathway.» *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of WGIII to the 5th Report of the IPCC*, 2014.
- Clarkson, P., Y. Li, Richardson, e G. «The market valuation of environmental capital expenditures by pulp.» *The Accounting Review*, 2004.
- Coase, R.H. *The Problem of Social Cost. In Classic Papers in Natural Resource Economics*. London: Palgrave Macmillan, 1960.
- Codegoni, A. «Perchè Kyoto è stato un successo, nonostante tutto.» *QualEnergia.it*. June 2016. <https://www.qualenergia.it/articoli/20160620-perche-kyoto-un-successo-nonostante-tutto/>.
- Comissione, Europea. *Relazione sui progressi compiuti nell'azione a favore del clima che comprende la relazione sul funzionamento del mercato europeo del carbonio*. Relazione della Comissione, Bruxelles: UE, 2015.
- Commissione Europea. «Regulation 2020/852.» *Sustainability Finance*. 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>.
- Commissione Europea. «Art.9.» *Sustainable Finance Package*. 2021. https://ec.europa.eu/info/publications/210421-sustainable-finance-communication_en.
- . *Eu taxonomy for sustainable activities*. 2020. https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en.
- . «Gruppo Tecnico di Esperti dell'UE sulla Finanza Sostenibile.» *Sustainable Finance*. April 2020. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/200426-sustainable-finance-teg-statement-recovery_it.pdf.
- Commissione Europea. «Proposal for the establishment and operation of a market stability reserve for the EU ETS.» https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-market-stability-reserve_with-annex_en.pdf, Brussels, 2021.
- Commissione, Europea. *Climate Action: Kyoto, primo periodo di impegno*. 2008. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/progress-made-cutting-emissions/kyoto-1st-commitment-period-2008-12_it.
- Commissione, Europea. «Commission Communication to the Council and Parliament. Preparing for Implementation of the Kyoto Protocol.» Communication, Brussels, 1999.

- Commissione, Europea. «Commission Communication to the Council and the Parliament. Climate Change-Towards an EU post-Kyoto Strategy.» Communication, Brussels, 1998.
- . «Decision of 15 december 2010 amending Decision 2006/944/EC determining the respective emission levels allocated to the Community.» *Eur-LEX*. 2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010D0778>.
- Cong, R., e A.Y. Lo. «Emission trading and carbon market performance in Shenzhen, China .» *Applied Energy* , 2017.
- Consiglio, UE. «Decisione Europea 2006/944/CE.» *EU-LEX*. December 2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02006D0944-20061216>.
- Convery, F., D. Ellerman, e C. De Perthuis. *Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010.
- Corbera, E., M. Estrada, e K. Brown. «How do regulated and voluntary carbon-offset schemes compare?» *Journal of Integrative Environmental Sciences* , 2009.
- Corte dei Conti Europea. «Analisi rapida di casi informatva sulla sostenibilità: un bilancio delle istituzioni e delle agenzie dell'Unione Europea.» *Direttiva 2013/95/UE*. 2019. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RRCR_Reporting_on_sustainability/RCR_Reporting_on_sustainability_IT.pdf.
- Corwin, S., e D. Pankratz. «Leading in a low-carbon future: A "System of systems" approach to addressing climate change .» *Deloitte Insights* , 2021.
- Cottrell, A., e R. Lucchetti. «Gretl's User Guide. Gnu regression, Econometrics and Time-series Library.» 2008. <http://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>.
- Cramton, P., e S. Kerr. «Tradeable carbon permit auctions: How and why to auction not grandfather .» *Energy Policy*, 2002.
- D'Aprile, P. et al. «How the European Union could achieve net-zero emission at net-zero cost.» *Report McKinsey & Company*, 2019.
- David, P. *Path Dependence: A foundational concept for historical social science*. 1985.
- Davoudi, S. et al. «Planning for climate change:strategies for mitigation and adaptation for spatial planners.» *Earthscan*, 2009.
- De Perthuis, C., e R. Trotignon. «Governance of CO2 markets: lessons from the EU ETS.» *Energy Policy*, 2014.
- Delbek, J. *Eu Energy Law: Volume IV, Eu environmental Law*. Claeys & Casteels Publishing, 2006.
- Delbeke, J., e P. Vis. *EU Climate Policy Explained*. Abingdon: Routledge, 2015.
- Delmas, M., N. Nairn-Brich, e J. Lim. «Dynamics of environmental and financial performance: The case of greenhouse gas emissions.» *Organization & Environment* , 2015.
- Delmas, M.A., e V.C. Burbano. «The drivers of greenwashing.» *California Management Review*, 2011.
- Demogenes, B. «European Environmental Agency estimates a 24% decrease in GHG compared to 1990.» *Climate Scorecard*. December 2020.

- <https://www.climatescorecard.org/2020/12/european-environmental-agency-estimates-a-24-decrease-in-greenhouse-gas-emissions-compared-to-1990/>.
Department for Business, Energy & Industrial Strategy UK. «Participating in the UK Emissions Trading Scheme (UK ETS) .» *GOV.UK*. 2020.
<https://www.gov.uk/government/publications/participating-in-the-uk-ets/participating-in-the-uk-ets>.
- Dereck, B., e C. Fezzi. «Interaction of European Carbon trading and Energy Prices.» *SSNR*, 2014.
- Di Giovinazzo, V. «Le nuove parole dell'economia politica: Ecological economics.» *Perason* , 2021.
- Dobrąnszky-Bartus, K., e J.V Krenchel. «The EU sustainable finance taxonomy regulation: the first regulatory definition of what constitutes sustainable economic activity.» *Economy and finance*, 2020.
- Doyle, D.H. *A short Guide to the EU's Taxonomy Regulation*. May 2021.
<https://www.spglobal.com/esg/insights/a-short-guide-to-the-eu-s-taxonomy-regulation>.
- Durlauf, S. et al. *Handbook of Economic Growth* . Elsevier , 2005.
- Eberhardt, M., e F. Teal. *Econometrics for gumbler: a new look at the literature on cross-country growth empirics*. 2011.
- Ecosystem Marketplace. «Voluntary Carbon Markets Rocket in 2021, on Track to Break \$ 1B for first time .» *Market in Motion*, September 2021.
- EEA. *Approximated EU GHG Inventory: Early Estimates for 2011*. EEA Technical Reports No. 13/2012. Copenhagen: European Environment Agency, 2012.
- EEA. *Approximated EU GHG inventory: early estimates for 2010*. Technical report n.11/2011, European Environment Agency, 2011.
- . *GHG emissions per capita and unit of GDP in purchasing power standard in 2008*. . January 2011. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/greenhouse-gas-emissions-per-capita-1/ccm122_fig2-7.eps.
- EEA. *Trends and Projections in Europe 2012. Tracking Progress Towards Europe's Climate and Energy Targets Until 2020*. EEA Reports No. 10/2013, Copenhagen : European Environment Agency, 2013.
- EEX. «EU ETS Spot, futures & options.» *Emissions products overview*. 2021.
<https://www.eex.com/en/markets/environmental-markets/eu-ets-spot-futures-options>.
- Ehrlich, P., e J. Holdren. «Impact of population growth and the environment.» *Science*, 1971.
- Ellerman, D. «The EU's emissions trading scheme: a proto-type global system?» In *Aldy, J.; Stavins, R.N*, di Post-Kyoto International Climate Policy, 88-118. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- Ellerman, D., B.K. Buchner, e C. Carraro. «Allocation in the European Emission Trading Scheme: rights, rents and fairness.» *Environ. Resour.Econ.*, 2007.
- EPA. «Tools of the Trade: A guide to designing and operating a cap and trade program for pollution control.» report, 2003.

- Ermolieva, T., Y. Ermolieva, G. Fischer, M. Jonas, M. Makowski, e F. Wagner. «Carbon Emission tRADING and Carbon Taxes under Uncertainties .» *Clim. Change* , 2011: 277-289.
- Evans, e Peck. «National Emission Trading Taskforce: Possible Design for a Greenhouse gas Emission Trading System: Futher definition of the auction proposal.» *NETT*, 2007.
- Evans, S. «Climate showdown: Has the US, UK or Germany done more to cut emissions?» *Carbon Brief: Clean on climate* , Abril 2015.
- Fabbri, P., e E. Cicigoi. *Mercato delle emissioni ad effetto serra*. Bologna: Il Mulino, 2007.
- Fabra, N., e R. Mar. «Pass-thought of Emissions cost in electricity markets.» *Nationa Bureau of Economic Research Working Paper* , 2013.
- Falk, R. «Behavioural Addiotional Effects of R&D subsidies: empirical evidence from Austria.» *WIFO Working Paper*, 2004.
- Fan, Y., L.C. Liu, G. Wu, e Wei Y.M. «Anlyzing impact factors of CO2 emissions using the STIRPAT model .» *Environmental Impact Assessments Review*, 2006.
- Fang, G., L. Tian, e M. Liu. «How to optimize the development of carbon trading in China—enlightenment from evolution rules of the EU carbon price.» *Applied Energy* , 2018.
- Fankhauser, S., C. Gennaioli, e M. Collins. «The political economy of passing climate change legislation: evidence from a survey.» *Global Environmental Change*, 2015.
- Farber, D. A. *Modeling Climate Change and its impacts: law, policy and science* . 2007.
- Favasuli, S., e V. Sebastian. *Voluntary carbon markets: how they work, how they're priced and who's involved*. June 2021.
<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/blogs/energy-transition/061021-voluntary-carbon-markets-pricing-participants-trading-corsia-credits>.
- Fearneough, et al. «Future role for voluntary carbon markets in the Paris era.» *Carbon mechanism*. 2020. https://www.carbon-mechanisms.de/fileadmin/media/dokumente/Publikationen/Bericht/2020_11_19_cc_44_2020_carbon_markets_paris_era.pdf.
- Feldman, S. «World Bank caught in controversy over suspect carbon credits.» *Inside climate news*, 2010.
- Fernandez, L. «Carbon dioxide emission in Spain 1970-2020.» *Statista*, July 2021.
- Fernando, F., M. Giacomo, e S. Kvilhaug. *Capital expenditure*. February 2022.
<https://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>.
- Feron, P.H.M. «Absorption-based post combustion capture of carbon dioxide.» *Elsevier*, 2016.
- Fjellheim, H. «Why do cabron markets matter to COP26?» *Refinitiv*, 2021.
- Francis, L., e P. Steve. «Uncertainty, politics and tecnology: Expert perceptions on energy transitions in the United Kindom.» *Energy Research & Social science*, 2018.

- Frank, C. «Pricing carbon: A carbon tax or cap-and-trade?» *Brookings*. August 2014.
<https://www.brookings.edu/blog/planetpolicy/2014/08/12/pricing-carbon-a-carbon-tax-or-cap-and-trade/>.
- Freestone, D., e C. Streck. *Legal Aspects of Carbon Trading-Kyoto, Copenhagen and Beyond*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Freestone D., Streck. C. *Legal aspects of Carbon Trading* . NY: Oxford University Press, 2009.
- Friedrich, J., G. Mengpin, e A. Pickens. «This Interactive Chart shows changes in world's top 10 emitters.» *World Resources Institutes* . December 2020.
<https://www.wri.org/insights/interactive-chart-shows-changes-worlds-top-10-emitters>.
- Frunza, M., D. Guegan, F. Thiebaut, e A Lassoudiere. «Missing trader fraud on the emissions market.» *Journal Finance Crime* (J.Financ. Crime), 2011.
- FSR. *EU emission Trading System (EU ETS)*. 19 February 2021. <https://fsr.eui.eu/eu-emission-trading-system-eu-ets/>.
- Fu, J., X. Si, e X. Cao. «Research on the influence emission trading mechanism on green development .» *China Population, Resources and Environmnet*, 2018.
- Gao, Y., M. Li, J. Xue, e Y. Liu. «Evaluation of effectiveness of China's carbon emissions trading scheme in carbon mitigation.» *Energy Economics*, 2020.
- Gatti, L., M. Pizzetti, e O. Seele. «Green lies and their effetc on intention to invest.» *Science Direct*, 2021.
- Gelman, A., e J. Hill. *Data Analysis using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Georghiou, L. «Impact and addtionality of innovation policy .» *IWT-Studies* , 2002: 57-67.
- Georghiou, L., e B. Clarysse. *Introduction and Synthesis' . Chapter 1 in: Government R&D Funding and Company Behaviour: Measuring behavioural addtionality*. Paris : OECD Publishing , 2006.
- Germà, B., e J. Stephan. «Emission abatement: untangling the impacts of the EU ETS and the economic crisis.» *Energy Econ*, 2015.
- German, J. «Reducing Vechicle emissions through cap-and-trade schemes.» In *Driving Climate Change*, di Cannon, J. Sperling D. Elsevier, 2007.
- Giglio, S. et al. *Discounting climate change investments*. 2016.
- Gilbert, A., J.W. Bode, e D. Phylipsen. *Analysis of the National Allocation Plans for the EU Emissions Trading Scheme*. London: Ecofys, 2004.
- Fillenwater, M., D. Broekhoff, M. Trexler, J. Hyman, e R. Fowler. «Policing the voluntary carbon market .» *Nature Climate Change*, 2007.
- Gillespie, E. «Stemming the tide of greenwash .» *Consumer policy reviwie*, 2008.
- Global Carbon Project. «Supplement data of Global Carbon Budget 2021.» *Global Carbon Project*, 2021.
- Global Footprint Network. *Earth Overshoot Day* . 2021.
https://www.overshootday.org/?__hstc=104736159.ebc9aabb8b38d69032e5de10996bb14a.1633626638885.1633626638885.1633626638885.1&__hssc=104736159.1.1633626638886&__hsfp=1404824517.

- Goh, I., e N.K. Matthew. *Resident's willingness to pay for a carbon tax*. 2021.
- Gottlieb, R.S. «Greenwash: The reality behind corporate environmentalism .» *Capitalism, Nature, Socialism* , 1998.
- Goulder, L.H., e A. Schein. *Carbon taxes vs cap and trade: A critical review*. 2013.
- Governo di Ontario. «Cap and trade design options.» 2015.
http://www.downloads.ene.gov.on.ca/envision/env_reg/er/documents/2015/012-5666_Options.pdf.
- Governo Italiano: Ministero della Transizione Ecologica . *Joint Implementation*. 2021.
<https://www.mite.gov.it/pagina/joint-implementation>.
- Graham, J. D., N. D. Beaulieu, D. Sussman, M. Sadowitz, e Y. C. Li. «Who lives near coke plants and oil refineries? An exploration of the environmental inequity hypothesis.» *Risk Anal.* , 1999.
- Greco, P. «L'Antropocene? è iniziato 3000 anni fa .» *Micron* , 03 09 2019:
<https://www.rivistamicron.it/il-corsivo/antropocene-e-iniziato-3-000-anni-fa/> .
- Green Finance Platform . *Regolemento 2020/852 sull'istituzione di un quadro per facilitare gli investimenti sostenibili*. 2021.
<https://www.greenfinanceplatform.org/policies-and-regulations/regulation-eu-2020852-establishment-framework-facilitate-sustainable>.
- Greer, J., e K. Bruno. «Greenwash: the reality behind corporate environmentalism .» *Multinational Monitor*, 1996.
- Grossman, G., e A. Krueger. *Economic growth and the environment*. 1994.
- Grubb, M. *Linking Emissions Trading Schemes*. London: Earthscan, 2009.
- Grubb, M., C. Vrolijk, e D. Brack. «The Kyoto Protocol-A guide and assessment.» *The Royal Institute of Affairs and Earthscan*, 1999.
- Grubb, M., e K. Neuhoff. «Allocation and competitiveness in the EU Emissions Trading Scheme: Policy overview.» *Climate Policy*, 2006.
- Grubb, M., e K. Neuhoff. «Emission Trading & Competitiveness: Allocations, incentives and industrial competitiveness under the EU Emissions Trading Scheme.» *Earthscan*, 2006.
- Grubb, M., J. C. Hourcade, e K. Neuhoff. *Planetary Economics: Energy, Climate Change and Three Domains of Sustainable Development*. Abingdon: Routledge, 2014.
- Grunewald, N., e I. Martinez-Zarzoso. «Did the Kyoto Protocol fail? An evaluation of the effect of the Kyoto Protocol on CO2 emissions?» *Environment and development Economics*, 2015.
- GSE . *Aste di quote europee di emissione*. Rapporto annuale, Gestore servizi Energetici, 2019.
- GSE. *Rapporto annuale aste 2020*. Gestore servizi energetici , 2020.
- GSE. *Rapporto annuale sull'andamento delle aste di emissione italiane* . Rapporto annuale, Gestore Servizi Energetici, 2012.
- Gujarati, D.N., e D.C Porter. *Essentials of Econometrics* . New York: McGraw Hill, 2006.
- Gutbrod, M., S. Sitnikov, e E. Bierguska. *Trading in Air: Mitigating climate change through the carbon markets*. Moscow: infotropic, 2010.

- Hahn, R. H. «Market power and transferable property rights.» In *The Theory and Practice of Command and Control in Environmental Polic*, di G.E. Helfand e Berck P., 13. Routledge, 1984.
- Halsnæs, K. et al. «Framing issues, in “Climate Change 2007: Mitigation” .» *contribution of WG III to 4th report*, 2007.
- Hamamoto, M. «Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries .» *Rsource and Energy Economics* , 2006.
- Hamilton, K., R. Bayon, G. Turner, e D. Higgins. «State of the voluntary carbon markets 2007: Picking up steam.» *New Carbon Finance and the Ecosystem Marketplace* , 2007.
- Hamrouni, A., A. Uyar, e R. Boussaada. «Are corporate social responsibility disclosures relevant for lenders? Empirical evidence from France.» *Manag. Decis.*, 2019.
- Haque, F. «The effects on board characteristics and sustainable compensation policy on carbon performance of UK firms.» *The British Accounting Review*, 2017.
- Harari, Y. *Sapiens. Da animali a dèi- breve storia dell'umanità*. Milano: Giunti , 2019.
- Hart, S. L., e G. Ahuja. «Does it pay to be green? An empirical examination of the relationship between emission reduction and firm performance .» *Business Strategy and the Environment* , 1996.
- Hassett, K, e G. Metcalf. «Energy conservation investment: Do consumers discount the future correctly?» *Energy Policy*, 1993.
- Hauptsitz, Umweltbundesamt. *Treibhausgase deutlich unter dem Limit*. 04 2011.
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgase-deutlich-unter-dem-limit>.
- Hertwich, E., e G. Peters. *Carbon footprint of nations: a global trade-linked analysis* . 2009.
- Hey, R.B. *Performance Management for the Oil, Gas and Process Industries. A systems Approach* . Cambridge : Elsevier, 2017.
- Hoffmann, V.H. «EU ETS and investment decisions: The case of the German electricity industry.» *European Mangement Journal* , 2007 .
- Hohnen, P., e J. Potts. «Corporate social responsibility: An implementation guide for business.» *International Institute for Sustainable Development*, 2007.
- Hong-Xia, D. et al. *Chinese public’s willingness to pay for CO2 emissions reductions: a case study from four provinces/ cities*. 2014.
- Howart, R.B., e R.B. Norgaard. «The Handbook of environmental economics.» In *Intergenerational choices under Global Environmental Change* . Cambridge: Blackwell Publishers, 1995.
- Hulshof, D., e M. Mulder. *Willingness to pay for CO2 emission reductions in passenger car transport*. 2010.
- Hussain, T., S. Kerschner, A. Kawano, e P. Moralez-Gomez. «Greenhouse gas emission trading schemes: A global perspective.» *White case*. 2019.
<https://www.whitecase.com/sites/default/files/2019-04/greenhouse-gas-emissions-trading-schemes-global-perspective.pdf>.

- Iatridis, G.E. «Environmental disclosure quality: evidence on environmental performance, corporate governance and value relevance.» *Emerging Market Review*, 2013.
- ICAP. «China National ETS.» *ETS detailed information*, 2021.
- ICAP. *Emission trading in practice: A handbook on design and implementation*. Washington: The World Bank, 2021.
- ICAP. *EU Emissions Trading System*. Report, International Carbon Action Partnership, 2021.
- IETA- Climate Challenges Market Solutions. «Benefits of emissions trading.» *IETA*. 2019. <https://www.ieta.org/resources/Resources/101s/Benefits%20of%20Emissions%20Trading.pdf>.
- Ingman, B. «The Eu Taxonomy Regulation: An overview.» *FacSet Insight*. July 2020. <https://insight.factset.com/eu-taxonomy-regulation>.
- Institute, SEI: Stockholm Environment. «Has Joint Implementation reduced GHG emission? Lessons learned for the design of carbon market mechanism.» *Policy Brief*, 2015.
- IPCC. *Climate change widespread, rapid and intensifying*. August 2021. <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>.
- IPCC Working Group 3. *Drivers, trends and mitigation*. USA: Cambridge University Press, 2014.
- ISDA. «Role of Derivateives in Carbon Markets.» *ISDA- safe, efficient markets*. September 2021. <https://www.isda.org/a/soigE/Role-of-Derivatives-in-Carbon-Markets.pdf>.
- Ism, C. et al. *Global catastrophic risk*. Stcokholm: Global Challenge, 2017.
- ISPRA. «V Rapporto sul Clima IPcc: l'uomo responsabile al 95% del cambiamento climatico.» *Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale*. 2019. <https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2013/10/v-rapporto-sul-clima-ipcc-l2019uomo-responsabile-al-95-del-cambiamento-climatico>.
- Jackob, M. et al. «Time to act now? Assessing the cost of delaying climate measures and benefits of early action.» *Climate Change*, 2012.
- Jakob, M., e R. Marschinski. *Between a rock and a hard place: a Trade-Theory analysis of leakage under production and consumption-based policies*. 2013.
- Jiang, J., D. Xie, B. Ye, B. Shen, e Z. Chen. «Research on China's cap-and-trade carbon emission trading scheme: overview and outlook.» *Appl. Energy*, 2016: 902-917.
- Jiang, L., e B.C. O'Neill. «Global urbanization projections for the shared socioeconomic pathways.» *Global Environmental Change*, 2016.
- Johnston, D. «An investigation of regulatory and voluntary environmental capital expenditures.» *Journal Accounting and Public Policy*, 2005.
- Jorghenson, A., e B. Clark. *Assessing the temporal stability of the population/environment relationship in comparative perspective: a cross-national panel study of carbon dioxide emission 1960-2005*. 2010.
- Kachi, A., e M. Frerk. «Carbon Market oversight Primer.» *ICAP*, 2013.

- Kaval, P. *Measuring and valuing environmental impacts. A systematic review of existing methodologies*. Canada: Network for Business Sustainability, 2011.
- Kaya, Y. et al. *Environment, energy, and economy: strategies for sustainability*. Tokyo: United Nations Univ Press, 1997.
- Kemp, R. «Eco-Innovation: definition, measurement and open research issues.» *Econ. Politica*, 2010: 397-420.
- Kenton, S. *Carbon credit- Investopedia*. 19 November 2021. https://www.investopedia.com/terms/c/carbon_credit.asp.
- Koberle, A.C. et al. *The cos of mitigation revisited*,. 2021.
- Koch, N., S. Fuss, G. Grosjean, e O. Edenhofer. «Causes of the EU ETS price drop: Recession, CDM, renewable policies or a bit of everything?- New evidence.» *Energy Policy*, 2014.
- Kollenberg, S., e L. Taschini. *The European Union Emissions Trading System and the Market Stability Reserve: Optimal Dynamic Supply Adjustment*. Working paper, London: London School of Economics, 2016.
- Kosoy, A., e P. Ambrosi. *State and Trade of the carbon market 2010*. Washinton D : World Bank, 2010.
- Kreibich, N., e W. Obergassel. «The voluntary carbon market: What may be its future role and potential contributions to ambition raising?» *DEHSt*. 2019.
- Kruger, J., E.O. Wallace, e W.A. Pizer. «Decentralization in the EU Emissions Trading Scheme and lessons from global policy .» *Rev. Environ.Econ. Policy*, 2007.
- Kuhlicke, C. et al. *The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications*,. 2020.
- Lang, S., M. Blum, e S. Leipold. «What future for the voluntary carbon offset market after Paris? An explorative study based on the discursive agency approach .» *Climate Policy*, 2019.
- Le Page, M. «Was Kyoto climate deal a success? Figures reveal mixed results .» *New Scientist*. June 2016. <https://www.newscientist.com/article/2093579-was-kyoto-climate-deal-a-success-figures-reveal-mixed-results/#ixzz7F0wSCETt>.
- Le Quéré, C. et al. «Temporay reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement .» *Nature Climate Change*, 2020: 1-7.
- Lefever, J. «The Eu greenhouse gas emission allowance trading scheme.» In *Climate change and carbon marktes: a handbook of emission reduction mechanisms*, di Farhana Yamin. London: Earthscan, 2005.
- Leiter, A. M., A. Parolini, e H. Winner. «Environmental regulation and investment: Evidence from European industry data.» *Ecological Economics*, 2011.
- Lejano, R.P, W.S. Kan, e C.C. Chau. «The Hidden Disequities of carbon Trading: Carbon Emissions, Air, Toxic, and Environmental Justice .» *Environmental Economics and Management*, 2020.
- Lester, A. *Project Management, Planning and control - 8th Edition*. Oxfröd: Butterworth-Heinemann, 2021.
- Leve. s.d.

- Li, J., F. Zhao, S. Chen, W. Jiang, T. Liu, e S. Shi. «Gender Diversity on Boards and Firms' Environmental Policy.» *Business Strategy and The Environment* , 2016.
- Li, L., J., Dong, e Y. Song. «Impact and acting path of carbon emission trading on carbon emission intensity of construction land: Evidence from pilot areas in China.» *Sustainability* , 2020.
- Li, Y., e C. Hewitt. *The effect of trade between China and the UK on national and global carbon dioxide emissions*. 2008.
- Liao, L., e Q. Tang. «Gender diversity, board independence, environmental committee and greenhouse gas disclosures .» *The British Accounting Review* , 2015.
- Liddle, B., e S. Lung. «Age-Structure, Urbanization, and Climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for Disaggregated population and Consumption-related environmental impacts.» *Population and Environment*, 2010.
- Lim, H. et al. *Industrial CO2 emission from energy use in Korea* . 2009.
- Lise, W., J. Sijm, e B. Hobbs. «The impact of the EU ETS on prices, profits and emissions in the power sector: simulation results with the COMPETES EU20 model.» *Environ.Resour.Econ.*, 2010.
- Litt, B. «Why do firm invest in capital expenditures? Evidence form environmental activities.» *International Journal of Business and Social Science*, 2013.
- Loeb, N.G. et al. «Satelite and Ocean Data Reveal Marked Increase in Earth's Heating Rate.» *Geophysical Research Letters*, 2021.
- Lopomo, G., L. Marx, D. McAdams, e B. Murray. «Carbon Allowance auction Design: An Assessment of Options for the U.S.» *Environ. Economics and Policy*, 2011.
- Lovell, H., H. Bulkeley, e D. Liverman. «Carbon offsetting: Sustaining consumption?» *Environment and Planning A. Economy and Space*, 2009.
- Lyon, T.P., e A.W. Montgomery. «The means and end of greenwash .» *Organization & Environment*, 2015.
- Lyon, T.P., e J.W. Maxwell. «Greenwash: Corporate environmental disclosure under threat of audit.» *Journal of Economics & Management Strategy*, 2011.
- Macchiati, A. «Le politiche contro il cambiamento climatico nell'UE e in Italia.» *Gruppo ASTRID*, 2009.
- Mackay, D. *Sustainable energy-without the hot air*. UK: UIT, 2008.
- Madaprojects. *Come sta andando il Mercato volontario dei carbon credit*. March 2021. <https://www.madaprojects.it/come-sta-andando-il-mercato-volontario-dei-crediti-di-carbonio/>.
- Malla, S. *CO2 emissions from electricity generation in seven Asia-Pacific and North American countries*. 2009.
- Malthus, T. *Saggio sul principio della popolazione* . Roma: Editori Riuniti , 2013.
- Mann, M. et al. «Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the pasta two millenia.» *PNAS*, 2008.
- Mann, M.E. «Greenhouse gas: atmospherisc science.» *Encyclopedia Britannica*. October 2021. <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>.
- Marcu, A. «The business case. Environmental Finance.» *Supplement: Global Carbon*, 2006: 8.

- Marquis, C., M. Toffel, e Y. Zhou. «Scrutinity, norms and selective disclosure: A global study of greenwashing.» *Organization Science*, 2016.
- Marro, E. «Cosi nel 2050 la civiltà umana crollerà per il climate change.» *Sole24ore*, June 2019.
- Martin, R., M. Muuls, e J.U. Wagner. «The Impact of the European Union Emissions Trading Scheme on Regulated Firms: What Is the Evidence after Ten Years?» *Review of Environmental Economics and Policy*, 2015: Volume 10, Numer.1. .
- Martin, R., M. Muuls, e U.J. Wagner. «An evidence review of the EU Emissions Trading System, focussing on effectiveness of the system in driving industrial abatement.» Report for the UK Department for Energy and Climate Change, 2013.
- McCollum, D. et al. «An integrated approach to energy sustainability.» *Nature Climate Change*, 2011.
- McCright, A.M, e C. Xiao. «Gender Differences in Environmental concern: Revisiting the institutional Trust Hypothesis in the USA.» *Environment and Behavior*, 2013.
- McGrath, M. «Changement climatique. Le rapport du GIEC est une "alerte rouge pour l'humanité".» *BBC news*. 2021. <https://www.bbc.com/afrique/monde-58144980>.
- Meadows, D.H. et al. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books, 1972.
- Meleo, L. «On the determinants of industrial competitiveness: The European Union emissions trading scheme and the Italian paper industry.» *Energy Policy*, 2014.
- Mengpin, G. et al. «4 charts explain greenhouse gas emissions by countries and sectors.» *World Resources Institute*. August 2021. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>.
- Miller, C., A. Iles, e C.F. Jones. «The social dimensions of energy transitions.» *Science as Culture*, 2013.
- Minatti Ferreira, D.D., J.A. Borda, S. Rover, e F. Dal-Ri Murcia. «Explaining environmental investments: a study of Brazilian companies.» *Environmental Quality Management*, 2014.
- Minenna, M. «Il nuovo business delle quote di emissione.» *Sole24ore*, 13 September 2021.
- Mitchell, L.D., e W.D. Ramey. «Look how green I am! An individual-level explanation for greenwashing.» *Journal of Applied Business & Economics*, 2011.
- Moratti, A. «Tecniche di Nudging in ambito ambientale. Una rassegna di esperienze e risultati.» *Quaderni dell'Osservatorio n.34 - Approfondimenti*, 2020.
- Morioka, T., e N. Yoshida. *Comparison of carbon dioxide emission patterns due to consumers expenditure in UK and Japan*. 1995.
- Morris, C. *Is the UK a better role model than Germany for carbon reduction?* January 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010D0778>.
- Mottl, O. et al. «Global acceleration in rates of vegetation change over the past 18000 years.» *Science*, 2021:

- <https://www.nationalgeographic.it/ambiente/2021/05/limpatto-delluomo-sulla-terra-e-molto-piu-forte-e-antico-di-quanto-si-credesse>.
- Mukhopadhyay, R. «Threat to Opportunity .» *Climate Change* , 2018.
- Munksgaard, J. et al. *CO2 accounts for open economies: producer or consumer responsibility*. 2001.
- Musu, I. *Introduzione all'economia dell'ambiente* . Bologna: Il Mulino, 2017.
- N.Mollers. «Welcome to the Anthropocene:The Earth in Our Hands.» *Environment & Society Portal:Virtual exhibitions*, 2014.
- Nakagaki, T. «Issues in power generation and future prospects.» *Fundamentals of Thermal and Nuclear Power Generation*, 2021.
- Nansai, K. et al. *Improving the completeness of product carbon footprints using a global link input-output model: the case of Japan*. 2009.
- NASA - Global climate change. *Overview: Weather, Global Warming and Climate change*. 2021. <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>.
- Nasralla, S., e S. Twidale. *Factobx: Carbon offset credit and their pros and cons*. 25 February 2021. <https://www.reuters.com/article/idUSKBN2AP1FZ>.
- NE. *Dinamiche dei prezzi dell'EUA, contrasto alla speculazione, efficienza del mercato e costi per l'industria italiana*. Bossa di discussione, Bologna: Nomisma Energia, 2021.
- Nebbia, G. «Ecologia ed Economia.» *Giornale degli Economisti e Annali di Economia* , 1973.
- Netto, S.V.D.F., M.F.F. Sobral, A.R.B. Ribeiro, e G.R.D.L. Soares. «Concepts and forms of greenwashing: a systematic review.» *Environmental Sciences Europe*, 2020.
- Neuhoff, K. *Climate policy after copenhagen: the role of carbon pricing* . Cambridge: New Publisher , 2021.
- Newell, P., e D. Mulvaney. «The political economy of the just transition.» *The geographical Journal* , 2013.
- Nguyen, A., S.M. Shahid, e D. Kernohan. «Investor Confidence and Mutual Fund Performance in Emerging Markets: Insights from India and Pakistan.» *Journal of Economic Studies*, 2018.
- Nicholls, M. «Why more businesses should reassess the voluntary carbon market.» *GreenBiz*, April 2018.
- Nordhaus, W. *The Climate Casino: risk, uncertainty and economics for a warming world*. New Haven & London, Yale University Press, 2013.
- Nyilasy, G., H. Gangadharbatla, e A. Paladino. «Perceived greenwashing: The interactive effects of green advertising and corporate environmental performance on consumer reactions.» *Journal of Business Ethics*, 2014.
- O' Neil, B. et al. «Global demographic trends and future carbon emissions .» *PNAS*, 2010.
- OECD. «Emission Permits and Competition.» *OECD, DAF/COM(2010)*. 2010. <http://www.oecd.org/daf/competition/sectors/48204882.pdf>.
- . *Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction* . 2012. <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling->

- outlooks/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction-keyfactsandfigures.htm.
- Olmstead, S., e R. Stavins. «Three key elements of a post-2012 international climate policy architecture.» *Rev. Environ. Econ. Policy*, 2012.
- Osti, G. «Dalla protesta ai servizi: percorsi del movimento ambientalista in Italia.» *Quaderni di sociologia*, 1998.
- Otto, A. et al. *Are cities prepared for climate change? An analysis of adaptation readiness in 104 German cities*. 2021.
- Palomba, G. «Panel Data.» 2008.
<http://utenti.dises.univpm.it/palomba/Mat/PanelData.pdf>.
- Paltsev, S., e P. Capros. «Cost concepts for climate change mitigation.» *Climate Change Economics*, 2013.
- Pampel, F. *Logistic regression*. Sage University Papers, 2000.
- Parra, P.Y., e B. et al. Hare. «Evaluating the significance of Australia's global fossil fuel carbon footprint.» *Climate Analytics*, 2020.
- Parry, I.W.H. et al. *The incidence of pollution control policies*. 2005.
- Pearce, D. W., e R.K. et al. Turner. *Environmental Economics: an elementary introduction*. Johns Hopkins Univ Press, 1993.
- Peters, G., e E. Hertwich. *CO2 Embodied in international trade with implications for global climate policy*. 2008.
- Peters, G., G. Marland, C. Le Quere, T. Boden, e J. Canadell. «Rapid growth CO2 emission after 2008-2009 global financial crisis.» *Nature climate change*, 2011.
- Petrick, S., e U.J Wagner. «The impact of carbon trading on industry: Evidence from German manufacturing firms.» *EconPapers*, 2014.
- Piketty, T. *Capital in the 21st Century*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2014.
- Pongolio, S. «An early assessment of the influence on eco-innovation of the EU Emission Trading Scheme .» *Environmetal Efficiency Innovation and Economic Performance*, 2010.
- Popp, D. «Induced innovation and energy prices.» *American Economy Rev.*, 2002.
- Post, C., N. Rahman, e S. Bear. «Impact of Board Diversity and gender composition on Corporate Social Responsibility and firm reputation.» *Journal of Business Ethics*, 2010.
- Poumanyong, P., e S. Kaneko. *Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emission? A cross-country analysis*. 2010.
- Prado-Lorenzo, J.M., I. Gallego-Alvarez, e I.M. Garcia- Sanchez. «Stakeholder engagement and corporate social responsibility reporting: the ownership structure effect.» *Wiley Online Library*, 2009.
- Pretis, F. *Does a carbon tax reduce CO2 emissio? Evidence from British Columbia*. Working Paper, Department of Economics, University of Victoria & Nuffield College, 2020.
- Pulido, L., S. Sidawi, e R.O. Vos. «An archaeology of environmental racism in Los Angeles.» *Urban Geogr.*, 1996.

- Quin, D. et al. «Climate Change 2013:the physical science basis.» *Working group in 5 IPCC report*, 2013.
- Rai News. *Earth Day, ora e allora: dalla prima manifestazione a "Restore Our Earth" del 2021*. April 2021. <https://www.rainews.it/archivio-rainews/media/Earth-Day-ora-e-allora-dalla-prima-manifestazione-a-Restore-Our-Earth-del-2021-803e85e4-859f-4045-94a7-47d7b539f80a.html#foto-1>.
- Ramstein, C., G. Dominioni, S. Ettehad, L. Lam, M. Quant, e J. Zhang. «State and trends of carbon pricing 2019.» *The World Bank Washintong DC*, 2019.
- Ramus, C.A, e I. Montiel. «When are corporate environmental policies a form of greenwashing?» *Business & Society* , 2005.
- Rasmus, C.A., e I. Montiel. «When are corporate environmental policies a form of greenwashing?» *Business and society* , 2005.
- Reckien, D. et al. *How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in EU-28*. 2018.
- Refinitiv. «Carbon Market year in review 2020.» *Refinitiv*. January 2021. https://www.refinitiv.com/content/dam/marketing/en_us/documents/reports/carbon-market-year-in-review-2020.pdf.
- . *Database di Thomson Reuters Eikon*. 2021a. <https://www.refinitiv.com/en/products/eikon-trading-software>.
- . *Environmental, social and corporarate governance -ESG*. 2021b. <https://www.refinitiv.com/en/financial-data/company-data/esg-data>.
- . *The Refinitiv business classifications methodology*. 2021c. https://www.refinitiv.com/content/dam/marketing/en_us/documents/methodology/trbc-business-classifcation-methodology.pdf.
- Rezaee, Z., H. Dou, e H. Zhang. «Corporate social responsibility and earnings quality: evidence from China.» *Global Finance Journal* , 2020.
- Riahi, K. «Energy pathways for sustainable development.» *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable future*, 2012.
- Ricardo, D. *Principi di Economia Politica e dell'Imposta* . Milano: UTET, 1817.
- Ritchie, H. «Global inequalities in CO2 emissions.» *Our World Data*, 2018.
- Ritchie, H., e M. Roser. «CO2 and Greenhouses gas emission.» *Our World Data*. 2020. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>.
- Rockstrom, J. et al. «A roadmap for rapid decarbonization.» *Science* , 2017.
- Rogelj, J. et al. «A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal.» *Nature*, 2019.
- Rogge, K. S., M. Schneider, e V. H. and Hoffmann. «The innovation impact of the EU Emission Trading System – findings of company case studies in the German power sector.» *Ecol. Econ.*, 2011a.
- Rogge, K., J. Schleich, P. Haussmann, A. Roser, e F. Reitze. «The role of the regulatory framework for innovation activities: the EU ETS and the German paper industry.» *Int. J. Technol. Policy Manage*, 2011b .

- Rogge, K.S., M. Schneider, e V.H. Hoffmann. «The innovation impact of the EU Emission Trading System - Findings of company case studies in German power sector.» *Ecological Economics*, 2011.
- Rokhmawati, A., M. Sathye, e S. Sathye. «The effect of GHG emission, environmental performance, and social performance of financial performance of listed manufacturing firms in Indonesia.» *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 2015.
- Romano, R. «Gli investimenti volontari nel campo agricolo e forestale finalizzati alla compensazione delle emissioni di CO2.» *INEA- Istituto Nazionale di Economia Agraria*, 2010.
- Romero, P. «Beware of green marketing, warns Greenpeace exec.» *ABS-CBN*. 2008. <https://news.abs-cbn.com/special-report/09/16/08/beware-green-marketing-warns-greenpeace-exec>.
- Rose, A., e B.K Stevens. «An economic analysis of flexible permit trading in the Kyoto protocol .» *Int.Envir. Agreem: Politics, Law and Econ*, 2001.
- Roston, E. et al. *Annual Greenhouse gas emissions*. 2019. <https://www.bloomberg.com/graphics/climate-change-data-green/emissions.html>.
- Ruf, B.M., K. Muralidhar, R.M. Brown, J. J. Janney, e K. Paul. «An empirical investigation of the relationship between change in corporate social performance and financial performance: a stakeholder theory perspective.» *Journal of Business Ethics*, 2001.
- Rugi, T. «Finanza sostenibile, le regole europee sulla trasparenza per avere un'economia più green.» *Economia Circolare*. Settembre 2021. <https://economiecircolare.com/finanza-sostenibile-tassonomia-ue-green-economy/>.
- Sadayuki, T., e T.H. Arimura. «Do regional emission trading schemes lead to carbon leakage within firms? Evidence from Japan.» *Energy Economics*, 2021.
- Safiullah, MD., MD. Nurul Kabir, e M.D. Miah. «Carbon emission and credit ratings.» *Energy Economics*, 2021.
- Saha, M., e G. Darnton. «Green companies or green con-panies: Are companies really green, or are they pretending to be?» *Business and society review*, 2005.
- Salvioli, L. et al. «Verso un mondo sostenibile.» *Lab24-Sole24ore*, November 2020.
- Santer, B. et al. «Celebrating the anniversary of three key events in climate change science.» *Nature Climate Change*, 2019.
- Sarkki, S., J. Niemela, R Tinch, S. Van den Hove, A. Watt, e J. Young. «Balancing credibility, relevance and legitimacy: a critical assessment of trade-offs in science-policy interfaces.» *Sci. Public Policy*, 2014.
- Schiavon, S., e R. Zecchin. «Climate Change 2007: causes, impact and mitigation.» *UC Berkeley: Center for the Built Environment*, 2007.
- Schmidt, T. S., M. Schneider, K. S. Rogge, M. J. A Schuetz, e Hoffmann, V. H. «The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: a survey of the EU ETS and the electricity sector.» *Environ.Innov.Soc.Transit*, 2012.

- Schneider, L. «Perverse incentive under the CDM: an evaluation of HFC-23 destruction projects.» *Climate Policy*, 2011.
- Schneider, L., e A. Kollmuss. «Perverse effect of carbon markets on HFC-23 and SF6 abatement project in Russia.» *Nature Climate Change*, 2015.
- Schütze, F., e J. Stede. «EU sustainable Finance Taxonomy.» *DIW Berlin*, 2020.
- Schütze, F., J. Stede, M. Blauert, e K. Erdmann. «Eu taxonomy increasing transparency of sustainable investments.» *DIW Weekly Report*, 2020.
- SDSN. *Roadmap to 2050: A manual for nations to decarbonize by mid-century*. september 2019. <https://roadmap2050.report/static/files/roadmap-to-2050.pdf>.
- Seele, P., e L. Gatti. «Greenwashing revisited: In search of a typology and accusation-based definition incorporation legitimacy strategies.» *Business Strategy and the Environment*, 2017.
- Seifert, J., M. Uhrig-Homburg, e M. Wagne. «Dynamic behavior of CO2 spot prices.» *J. Environ. Econ. Manag.*, 2008.
- Shishlov, I, V. Bellassen, e B. Leguet. «Joint Implementation: a frontier mechanism within the borders of an emission cap .» *Economics*, 2012.
- Shishlov, I., R Morel, e V. Bellassen. «Compliance of the parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period.» *Climate Policy*, 2016.
- Shishlov, I., V. Bellassen, e M. Romain. «Compliance of parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period.» *Climate Policy*, 2016.
- Shisholv, Igor, Romain Morel, e Valentin Bellassen. «Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period .» *Climate Policy*, 2016.
- Shonkoff, SB, R. Morello-Frosch, M. Pastor, e J. Sadd. «The climate gap: environmental health and equity implications of climate change and mitigation policies in California—a review of the literature .» *Clim.Change*, 2011.
- Siano, A., F. Vollero, S. Conte, e Amabile. «More than words: Expanding the taxonomy of greenwashing after Volkswagen scandal.» *Journal of Business Research*, 2017.
- Sijm, J. «The interaction between the EU emission Trading Scheme and national energy policies.» *Climate Policy*, 2005.
- Soleille, S. «Greenhouse gas emission trading schemes: A new tool for the environmental regulators' kit .» *Energy Policy*, 2006.
- Solomon, B., e R. Lee. «Emission trading systems and environmental justice.» *Environment*, 2000.
- Spratt, D., e I. Dunlop. «Essential climate-related security risk: A scenario approach.» *Policy Paper*, 2019.
- Stavins, R. «Transaction costs and tradable permits.» *J. Environ. Econ. Manag.*, 1995.
- Stavins, R. «What can we learn from the grand policy experiment? Lessons from SO2 allowance trading.» *J. Econ. Perspect*, 1998.
- Stavins, R.N. « Carbon Taxes vs Cap and Trade: Theory and Practice.» *Harvard Project on Climate Agreements*, 2019.
- Steffen, W. et al. «The Anthropocene: conceptual and historical perspectives.» *Philosophical Transaction of the Royal Society*, 2011.

- Sterk, W., e et al. «Joint Emissions Trading as a Socio-Ecological Transformation. Implications of design differences for linking domestic emission trading scheme.» *Working Paper: Wuppertal Institute for Climate . Climate, Environment and Energy*, 2005.
- Stern, D. «The role of energy in economic growth .» *The New York Academy of Sciences* , 2011.
- Stern, N. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, 2007.
- Stiglitz, G. *The Price of Inequality* . New York, NY: WW Norton, 2012.
- Stock, J.H, e M.W Watson. *Introduction to econometrics*. Pearson College Div. , 2014.
- Streck, C. «How voluntary carbon markets can drive climate ambition.» *Journal of Energy & Natural resources Law*, 2021.
- Streck, C. «New Partnership in Global Environmental Policy:The Clean Development Mechanism.» *Journal of Environment and Development* , 2004: 295-322.
- Streimikienė, D., e T. Balezentis. «Kaya identity for analysis of the main drivers of GHG emission and feasibility to implements EU "20-20-20" targets in the Baltic States .» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016.
- Suh, S. *Are services better for climate?* . 2021.
- Sun, J. H., Y. Jian Ming, L. Zhen, e Yu Ren Shi. «Regional environmental performance evaluation: a case of western regions in China .» *Energy Procedia* , 2012.
- Talberg, A., e K. Swododa. «Emissions Trading schemes around the world.» *Parliament of Australia* . 2013.
https://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/BN/2012-2013/EmissionsTradingSchemes#_ftnref109.
- TEG. «Taxonomy Technical Report.» *CE*, 2019.
- TerraChoice. «The "six sins of greenwashing" .» *A green paper* . November 2007.
https://sustainability.usask.ca/documents/Six_Sins_of_Greenwashing_nov2007.pdf.
- Testa, F., N.M. Gusmerottia, F. Corsini, E. Passetti, e Iraldo F.. «Factors affecting environmental management by small and micro firms: the importance of entrepreneurs' attitudes environmental investment .» *Corporate Social Responsibility and Environ. Managem.*, 2015.
- Tietenber, T. *Emission Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy*. Washintong DC: Resources for the Future , 1985.
- Tietenberg, T.H. *Emission Trading: Principles and Practices, 2nd Edn*. Washington: RFF Press, 2006.
- Tietenberg, T.H. «Emissions Trading: Principles and Practice.» *Resources for the Future*, 2006.
- Tiseo, I. «EU-27: CO2 emissions shares by sector 2019.» *Statista*. November 2021.
<https://www.statista.com/statistics/1240108/road-transportation-greenhouse-gas-emissions-eu/>.
- Torelli, R., F. Balluchi, e A. Lazzini. «Greenwashing and environmental communication: effects on stakeholders' perceptions.» *Bus Strat Env.*, 2019.

- Tuerk, A., e E. Zelljadt. «The Global rise of emission trading .» *Climate Policy info Hub*. 2016. <https://climatepolicyinfohub.eu/global-rise-emissions-trading.html>.
- Tuerk, A., M. Mehling, C. Flachsland, e W. Sterk. «Linking carbon markets: concepts, case studies and pathways.» *Climate Policy*, 2009.
- Ufficio Studi Confcommercio. «Le piccole e medie imprese in Europa .» *Confcommercio: imprese per l'Italia*. 2009. <https://www.confcommercio.it/-/le-piccole-e-medie-imprese-in-euro-1>.
- UN. «Art.17.» 1998.
- . *Kyoto Protocol to the United Nations Framework convention on the climate Change* . 1998. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (consultato il giorno December 2021).
- UNEP. «Introduction to the Clean Development Mechanism .» *UNFCCC*. 2005. https://unfccc.int/files/cooperation_and_support/capacity_building/application/pdf/unepcdmintro.pdf.
- UNFCCC. *Clean Development Mechanism (CDM)*. s.d. <http://cdm.unfccc.int/>. (consultato il giorno 2021).
- . «Emission reduction Units issued.» *Joint Implementation* . January 2016. https://ji.unfccc.int/statistics/2015/ERU_Issuance_2015_10_15_1200.pdf.
- . *Joint Implementation* . s.d. <https://ji.unfccc.int/index.html>.
- . *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. 1997. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/spanish/cop3/kpspan.pdf>.
- . *Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its first session*. 2006. <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cmp1/eng/08a>.
- . *Sixth compilation and synthesis of initial national communications from Parties not included in Annex I to the Convention. Note by secretariat*. October 2005. <https://unfccc.int/documents/4016#beg>.
- . *The guidelines to implement the Kyoto Protocol: the Marrakesh Accords and the 5,7&8 implications* . s.d. <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-kyoto-protocol/overview/background-and-resources/the-guidelines-to-implement-the-kyoto-protocol-the-marrakesh-accords-and-the-578-implications> (consultato il giorno December 2021).
- UNFCCC. «Issues Arising from the Implementation of Potential Project Activities under the Clean Development Mechanism: The Case of Incineration of HFC-23 Waste Streams from HCFC-22 Production .» Technical paper, 2005.
- . *Land Use, Land-use Change and Forestry*. s.d. <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf> (consultato il giorno December 2021).
- . *Report of the Executive Board of the clean development mechanism to the COP serving as the meeting of the Parties*. 2006a.

- <http://unfccc.int/resource/docs/2006/cmp2/eng/04.pdf> ,
<http://unfccc.int/resource/docs/2006/cmp2/eng/04a01p01.pdf>.
- Usoskin, I.G et al. «Solar activity, cosmic rays and Earth's temperature: A millennium-scale comparison.» *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 2005.
- Uyar, A., M. Kilic, M.A. Koseoglu, C. Kuzey, e A.S. Karaman. «The link among board characteristics, corporate social responsibility performance, and financial performance: evidence from the hospitality and tourism industry.» *Tourism Manag. Perspect* , 2020.
- Vaughan, A. «Uk government spells out plan to shut down coal plants.» *The Guardian* , January 2018.
- Verbeek, M. *Econometria* . Zanichelli, 2006.
- Vincelli Pommier, F. *Pacchetto Clima-Energia*. Atti comunitari , Dossier- XVI legislatura, 2008.
- Vis, P. *Basic design options for emission trading*. Delbeke et al., 2006a.
 —. *The First Allocation round: a brief history* . Delbeke et al., 2006b.
- Vohringer, F. «Linking The Swiss Emission Trading System with the EU-ETS: Economic Effects of Regulatory Design Alternatives.» *Swiss Journal of Economics and Statistics* , 2012.
- Wackernagel, M., e B. Beyers. *Ecological Footprint: Managing our biocapacity budget*. Canada: New Society Publishers, 2014.
- Wahba, H. «How do institutional shareholders manipulate corporate environmental strategy to protect their equity value? A study of adoption of ISO 14001 by Egyptian firms.» *Business Strategy and Environment* , 2010.
- Walch, RT. «The effect of California's carbon cap and trade program on co-pollutants and environmental justice: evidence from the electricity sector.» *Environment PM*, 2018.
- Walker, K., e F. Wan. «The harm of symbolic actions and greenwashing: corporate actions and communications on environmental performance and their financial implications.» *Journal of Business Ethics* , 2012.
- Wamsler, C. et al. *Planning for climate change in urban areas: from theory to practice*. 2013.
- Wang, K., G. Yu, e Y. Li. «Research on remanufacturing production decision under carbon constraint and transaction constraints- implications for low carbon economy.» *Journal of Technical Economics and Management*, 2018.
- Wang, L., Z. Wang, e Y. Ma. «Does environmental regulation promote the high-quality development of manufacturing? A quasi-natural experiment based on China's carbon emission trading pilot scheme.» *Socio-Economic Planning Sciences*, 2021.
- Wang, Z., e C. Wang. «How carbon offsetting scheme impacts the duopoly output in production and abatement: analysis in the context of carbon cap-and-trade.» *Journal of Cleaner Production* , 2015.
- Wang, Z., e J. Sarkis. «Corporate social responsibility governance, outcomes and financial performance.» *Journal of Cleaner Production* , 2017.

- Weber, C., e H. Matthews. *Embodied Emissions in U.S. International Trade: 1997-2004*. 2007.
- Whitesell, W. *Climate Policy Foundations, Science and Economics with lessons from Monetary Regulation*. Cambridge: Cambridge University Press , 2011.
- Wier, M. et al. *Effect of household consumption patterns on Co2 requirements*. 2001.
- Wier, M. *Sources of Changes in Emissions from Energy: A structure Decomposition Analysis*. 1998.
- Wilmshurst, T.D., e R. G. Frost. «Corporate environmental reporting: A test of legitimacy theory.» *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 2000.
- Wilson, C. «Disruption low-carbon innovation .» *Energy Research& Social Science* , 2018.
- Wirth, C., J. Chi, e Young M. «The economic impactof capital expenditures: Environmental regulatory delay as a sources of competitive advantages?» *Journal of Business Finance & Accounting* , 2013.
- Woerdman, E. *The institutional Economics of Market-based climate policy* . Groningen: Elsevier, 2004.
- Wooldridge, J.M. *Introductory econometrics: a modern approach* . Mason, OH, 2006.
- World Bank Group. *State and Trends of carbon pricing* . Washintong DC: World Bank, 2020.
- World Bank. «Mapping Carbon Pricing Inizitiatives: Developments and prospects.» Report , Washintong DC, 2013.
- World Bank, Group. *State and Trends of carbon pricing 2020*. Washintong DC: World Bank, 2020.
- World Meteorological Organization . «Greenhouse gas Bulletin: Another Year Another Record.» WMO. October 2021. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-bulletin-another-year-another-record>.
- Wu, J. et al. «Valutare le implicazioni che le politiche sul cambiamento climatico possono avere sugli investimenti.» *Report J.P. Morgan*, 2021.
- Xu, Y., V. Ramanathan, e D. Victor. «Global Warming will happen faster than we think.» *Research gate* , 2018.
- Xuan, D., X., Ma, e Y. Shang. «Can China's policy of carbon emission trading promote carbon emission reduction?» *Journal of Cleaner Production*, 2020.
- Yamaji, M. et al. «A study on economic measures for CO2 reduction in Japan.» *Energy Policy*, 1993.
- Yao, S., X. Yu, S. Yan, e S. Wen. «Heterogeneous emission trading schemes and green innovation.» *Energy Policy*, 2021.
- Yeldan, A. E. «Economic instruments of greening.» In *Handbook of Green Economics*, di S. Acar e E. Yeldan. London: Elsevier, 2020.
- Yunfeng, Y., e Y. Laike. *China's foreign trade and climate change: A case study of CO2 emissions* . 2010.
- Zalasiewicz, J. *The Eath after us:What legacy will humans leave in the rocks?* London: Oxford University Press, 2008.

- Zhand, D., P. Du, e Y. Chen. «Can designed financial systems drive out highly polluting firms? An evaluation of a experimental economic policy.» *Finance Research Letters*, 2019.
- Zhang, D. «Green credit regulation, induced R&D and green productivity: Revisiting the Porter Hypothesis.» *International review of Financial Analysis*, 2021.
- Zhang, Y., e B.M Ayyub. «Temperature extremes in a changing climate.» *Climate Change and extreme events*, 2021.
- Zhang, Y., e Y. Wei. «An overview of current research on EU ETS: evidence from its operation mechanism and economic effect .» *Appl. Energy* , 2010.
- Zhang, Z.X. «The design and implementation of an international greenhouse gas emission trading scheme .» *Envir.& Planning C: Govern.&Policy*, 2000b.
- Zhou, B., Zhang, C., H. Song, e Q. Wang. «How does emission trading reduce China's carbon intensity? An exploration using a decomposition and difference-in-differences approach.» *Science of the Total Environment*, 2019.
- Zu, B., M. Zhang, L. Huang, P. Wang, B. Su, e Y.M. Wei. «Exploring the effect of carbon trading mechanism on China's green development efficiency: A novel integrated approach.» *Energy Economics* , 2020.