

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

Esportare tecnologie ambientali è indice di
innovazione per un paese?

Analisi post Protocollo di Kyoto

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

RELATORE:

Prof. Luigi BUZZACCHI

CANDIDATO:

Francesco CACACE

Abstract

Le norme, (incluse quelle fiscali) che regolano l'uso delle risorse ambientali sono strumenti istituzionali chiave a disposizione dei policy maker non solo per aumentare le entrate pubbliche, ma soprattutto per incentivare risultati ambientali efficienti. Negli ultimi anni hanno ricevuto crescente attenzione da parte non solo della classe politica, ma anche dai ricercatori.

Poiché l'uso delle risorse ambientali è caratterizzato dalla presenza di significative esternalità, l'internalizzazione di costi esterni nei prezzi (monetari o figurati) dei beni che utilizzano tali risorse è un aspetto cruciale delle politiche ambientali. Esse possono essere realizzate essenzialmente in due modi: attraverso una strategia di comando e controllo, ossia ricorrendo a standard ambientali che vietano il superamento della quantità ottimale, pena il pagamento di sanzioni; oppure, attraverso gli strumenti economici di controllo, in particolare dell'inquinamento (tasse pigouviane, permessi negoziabili d'inquinamento) che, sfruttano la razionalità degli agenti per portarli nel punto di allocazione ottima. Non solo l'uso ottimale delle risorse esauribili, ma anche adeguati investimenti finalizzati a rendere disponibili tecniche di produzione innovative (verdi) devono essere opportunamente incentivati da una virtuosa politica ambientale.

Questo lavoro di tesi ha l'obiettivo di valutare l'impatto che ha avuto il protocollo di Kyoto sull'innovazione "green" in Italia, testando la sua efficienza e valutando se la regolamentazione ambientale può rappresentare un meccanismo pertinente attraverso il quale viene indotto un cambiamento tecnologico.

L'analisi utilizza un modello di gravità per testare i determinanti attraverso i quali le tecnologie ambientali per le energie alternative vengono esportati. I nostri risultati sono coerenti con l'esistenza dell'ipotesi Porter e van der Linde, in cui la regolamentazione ambientale rappresenta una componente significativa di vantaggi comparativi. Ciò che emerge con forza è che la severità della regolamentazione ambientale integrata dalla forza del sistema nazionale di innovazione è un motore cruciale delle prestazioni delle esportazioni nel campo delle tecnologie energetiche.

Sommario

INDICE FIGURE	5
INDICE TABELLE	6
INTRODUZIONE.....	7
CAPITOLO I: SFONDO CONCETTUALE	9
1.1 Corporate Social Responsibility	9
1.2 Natural Based View.....	10
1.3 Panoramica bibliografica sugli studi di Porter	12
1.4 I diversi modelli di Environmental Innovation	14
1.5 Ricerca empirica sull'adozione dei modelli El.....	16
CAPITOLO II: I CONGRESSI PER L'AMBIENTE.....	20
2.1 Le conferenze internazionali.....	20
2.2 Il protocollo di Kyoto	22
CAPITOLO III : IL MERCATO EUROPEO DELL'ENERGIA RINNOVABILE	25
3.1 Analisi empirica del mercato	25
3.2 Fattori di competitività	27
3.3 Innovazione e Freni allo sviluppo	28
CAPITOLO IV: LA SITUAZIONE ITALIANA	32
4.1 Principali problemi che interessano la rete elettrica tradizionale	32
4.2 Le energie rinnovabili in Italia.....	36
4.3 Le previsioni effettuate da Sarasin Bank sullo sviluppo della Green economy italiana e sullo sviluppo del FV.....	37
4.4. I trend del futuro del mercato	40
4.5 Le eco-innovazioni in Italia.....	42
CAPITOLO V: IL MODELLO GRAVITAZIONALE	46
5.1 Lo studio del commercio internazionale.....	46
5.2. Il modello gravitazionale.....	48
5.3 Stato dell'arte sullo studio della teoria del modello gravitazionale	50
5.4. Stima dell'equazione gravitazionale	54
5.5 Spiegazioni del modello lineare	54
CAPITOLO VI: ANALISI EMPIRICA	56
6.1 Descrizione del campione.....	56
6.2 Variabili aggiuntive	57
6.3 Risultati empirici	65
6.4 La regolamentazione ambientale stimola l'innovazione green?	69
CONCLUSIONI	75
APPENDICE.....	76
BIBLIOGRAFIA	98
SITOGRAFIA.....	110

INDICE FIGURE

FIGURA 1: EQUAZIONE GHISSETTI E RENNINGS 1	18
FIGURA 2: EQUAZIONE 2	18
FIGURA 3: KEY ENVIRONMENTAL VARIABLES EREI AND ER IN MIP 2009	20
FIGURA 4: EMISSIONI DI ANIDRIDE CARBONICA	23
FIGURA 5: MAPPA DEI PRINCIPALI CORRIDOI NELL'UNIONE EUROPEA PER ELETTRICITÀ, GAS E IDROCARBURI	34
FIGURA 6: INCIDENZA DELL'ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI	37
FIGURA 7: EVOLUZIONE DEL MERCATO FOTOVOLTAICO EUROPEO FINO AL 2014	41
FIGURA 8: ECO-INVESTIMENTI IN TECNOLOGIE GREEN	43
FIGURA 9: PUNTEGGI NELLE CINQUE COMPONENTI DELL'ECO-INNOVATION INDEX 2018, PER PAESE	43
FIGURA 10: ECO-INNOVATION INDEX, 2018	44
FIGURA 11: COMPOSIZIONE TASSE AMBIENTALI IN ITALIA	59
FIGURA 12: TASSE AMBIENTALI IN % DEL PIL	60
FIGURA 13: SPESA IN PROTEZIONE AMBIENTALE IN ITALIA	61
FIGURA 14: INVESTIMENTI AI FINI DI PROTEZIONE AMBIENTALE IN ITALIA	63
FIGURA 15: DOMANDE DI BREVETTI IN ENERGY CONSERVATION ED ENERGY PRODUCTION	64
FIGURA 16: RULE OF LAW	65

INDICE TABELLE

TABELLA 1:A NATURAL-RESOURCE-BASED-VIEW: CONCEPTUAL FRAMEWORK.....	11
TABELLA 2:ESTIMATION RESULTS	19
TABELLA 3:EQUAZIONE DI GRAVITÀ DI BASE E RUOLO DEL REGOLAMENTAZIONE AMBIENTALE.....	68
TABELLA 4:TEST SUL RUOLO DEL SISTEMA NAZIONALE DI INNOVAZIONE.....	71
TABELLA 5:TEST SUL RUOLO DEL SISTEMA NAZIONALE DI INNOVAZIONE.....	74

INTRODUZIONE

L'interazione tra i flussi commerciali e le normative ambientali è da sempre considerata una questione di grande rilievo. È noto che applicando normative ambientali più indulgenti, i paesi tendono a ridurre i costi di produzione dei loro produttori e quindi a migliorare la loro capacità di esportare, nonostante la possibilità di diventare paradisi dell'inquinamento. Vi sono diversi risultati empirici sia a sostegno che non di questa connessione (Antweiler et al., 2001; Bommer, 1999; Copeland e Taylor, 2003; Grether e De Melo, 2003; Letchumanan e Kodama, 2000, Levinson e Taylor, 2004, tra gli altri). Al contrario, Porter e van der Linde (1995), favoriscono la teoria della competitività dinamica derivante dall'innovazione tecnologica e legata a rigorosi standard ambientali. Anche nel caso di questa seconda ipotesi i risultati non sono univoci e diversi fattori, piuttosto che la rigidità delle normative ambientali, offrono vantaggi comparativi ottenuti attraverso la *leadership* tecnologica. Questi fattori sono: l'esistenza di un quadro internazionale in cui gli standard ambientali sono omogenei e l'esistenza di una prospettiva a lungo termine in modo da ridurre i rischi di investimento, ma soprattutto la possibilità di ottenere elevati margini di profitto dall'essere il *first mover*.

Tra i documenti elaborati dalla Commissione europea, il protocollo di Kyoto è considerato un quadro efficiente di regolamentazione ambientale, ossia un quadro istituzionale internazionale che potrebbe ridurre l'incertezza, aumentare la domanda del mercato di prodotti e tecnologie rispettosi dell'ambiente e aumentare gli incentivi agli utili per i primi arrivati. L'obiettivo principale di tale protocollo era quello di ridurre sostanzialmente le emissioni di CO₂ attraverso adeguate misure nazionali. In questo caso specifico, non esiste un accordo completo a livello internazionale sui costi reali per i paesi industrializzati relativi alle politiche di controllo dei cambiamenti climatici. Seguendo la posizione degli Stati Uniti, l'impatto economico per le imprese nazionali potrebbe essere negativo, con un aumento dei costi di produzione e la perdita di vantaggi competitivi internazionali. Per converso, l'Unione europea ha pienamente abbracciato il cambiamento climatico come un problema globale in cui i paesi industrializzati potrebbero essere il primo motore per lo sviluppo di tecnologie pulite. Considerando il progresso tecnico una delle principali fonti della crescita dinamica e sostenendo il principio secondo cui

normative ambientali possono essere interpretate come un impulso positivo allo sviluppo economico.

Il quadro istituzionale del protocollo di Kyoto in questi ultimi anni è stato fortemente supportato da altri fattori contingenti e strutturali, come il crescente prezzo del petrolio sui mercati internazionali e le crescenti preoccupazioni per la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, rispettivamente. Ad esempio, la crescente disponibilità di energie rinnovabili potrebbe essere un fattore positivo per le industrie anche senza considerare i vincoli energetici legati al protocollo di Kyoto.

In linea con questo ragionamento, la disponibilità di tecnologie *green* potrebbe essere una fonte di risparmio sui costi anche per i paesi in via di sviluppo, in realtà senza alcun limite alle emissioni di GHG, ma con costi energetici elevati dovuti alla crescente domanda di combustibili fossili, necessari per sostenere rapidi processi di crescita economica. La dipendenza dai combustibili fossili è strettamente legata alla pressione sui paesi, in particolare Medio Oriente e Paesi africani, che sono tipicamente caratterizzati da instabilità politica. La diversificazione del mix energetico è funzionale alla riduzione dei rischi e delle incertezze, riducendo così i costi a lungo termine per le aziende con processi di produzione ad alta intensità energetica.

L'elaborato ha come oggetto lo studio di questo possibile circolo virtuoso tra normative ambientali, aumentare la competitività e la diffusione della tecnologia analizzando un settore industriale molto specifico, come le tecnologie per la produzione di energie rinnovabili e il risparmio energetico. La scelta di un focus così specifico, e la possibilità di testare la validità dell'ipotesi Porter e van der Linde, ci consente di capire se il Protocollo di Kyoto può essere davvero un quadro di regolamentazione ambientale efficiente. Il modello empirico utilizzato in questo contesto si basa su un'equazione di gravità per i flussi commerciali internazionali, a seguito di molti altri studi empirici incentrati sugli effetti della regolamentazione ambientale sui flussi commerciali.

Il seguente lavoro è strutturato in sei capitoli.

Nel primo capitolo viene presentata una rassegna dedicata alle varie teorie che hanno come fondamenta l'ipotesi di Porter e Van der Linde, dove la regolamentazione in ambito *green* è considerata un *driver* per l'innovazione, sino ad arrivare a teorie più recenti.

Nel secondo capitolo, oltre a citare i principali congressi pro-ambiente, vengono presentate le disposizioni del protocollo di Kyoto.

Nel terzo capitolo, vi è una panoramica sul mercato dell'energia rinnovabile e sull'innovazione in tale ambito.

Nel quarto capitolo, vi è un focus sulla situazione ambientale italiana e sui trend futuri di mercato.

Nel quinto capitolo viene presentata tutta la letteratura avente ad oggetto lo studio del *gravity model*, reso noto grazie a Tinbergen, il quale utilizzando la formula della “Legge di Gravitazione Universale” proposta da Newton nel 1687, ne elaborò una sostanzialmente analoga che poteva essere applicata ai flussi di commercio internazionale. Questo ha assunto negli ultimi decenni un ruolo fondamentale nello studio di questi fenomeni, tanto che viene considerato da molti esperti del settore come punto di forza per gli studi di economia internazionale. Anche in questo caso, vedremo come da un modello che prevedeva solo due variabili (PIL e distanza) siamo arrivati ad arricchire quest’ultimo con ulteriori variabili che ne rendono il risultato più accurato.

Il lavoro termina con il commento sui risultati ottenuti e su un breve riepilogo di quali siano le variabili che influiscono maggiormente, sia positivamente che negativamente sull’innovazione *green* in Italia.

CAPITOLO I: SFONDO CONCETTUALE

1.1 Corporate Social Responsibility

L’Unione Europea definisce la *Corporate Social Responsibility* come la responsabilità delle imprese per il loro impatto sulla società”¹, un principio che induce le aziende ad adottare una politica ambientale che sappia conciliare gli obiettivi economici con quelli sociali e ambientali del territorio di riferimento, in un’ottica di sostenibilità.

A causa della crescente emergenza ambientale e dell’evoluzione degli stili di vita e di consumo, l’impresa è chiamata ad integrare negli obiettivi di business la dimensione sociale ed ambientale, secondo un approccio manageriale che prenda in considerazione l’impatto che questa produce sulla società.

¹ comunicazione del 25 ottobre 2011 (n. 681)

Per far fronte a questa nuova esigenza si è passati da una logica *On Bottom Line*, incentrata sul valore economico, ad una *Triple Bottom Line*, tenendo conto delle responsabilità che l'azienda ha nei confronti dei vari *stakeholder* in termini di sostenibilità economica, sociale e ambientale.

Secondo Y.D. Patil², una politica industriale coerente con la CSR conduce ad un incremento di:

- Reputazione del capitale
- Percezione del Brand
- Trasparenza e responsabilità
- Equo commercio

1.2 Natural Based View

La *Resource Based View* focalizza l'attenzione sulle risorse interne di un'organizzazione come mezzo per organizzare i processi e ottenere un vantaggio competitivo. Tale vantaggio, può essere sostenuto solo se le capacità utilizzate per crearlo sono supportate da risorse di tipo VRIO.

Il concetto di vantaggio competitivo è stato ampiamente trattato nella letteratura gestionale. Porter (1980, 1985)³ ha sviluppato a fondo i concetti di leadership e differenziazione dei costi rispetto ai concorrenti come due importanti fonti di vantaggio competitivo: una posizione a basso costo consente a un'azienda di utilizzare prezzi aggressivi e un volume di vendite elevato, mentre un prodotto differenziato crea fedeltà al marchio e reputazione positiva.

Affinché una risorsa abbia un valore duraturo, deve contribuire a una solida capacità che ha un significato competitivo e non è facilmente realizzabile con mezzi alternativi. Inoltre, le risorse strategicamente importanti devono essere rare e /o specifiche per una determinata azienda, ovvero non devono essere ampiamente distribuiti all'interno di un

² Dnyandeo Yashwantrao Patil, è stato governatore dello stato del Bihar nell'India orientale dal 29 maggio 2012 al 26 novembre 2014. È un educatore e un leader del Congresso nazionale indiano dello stato del Maharashtra.

³ Porter, m.e., Van Der Linde, c., 1995, Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), pp. 97-118.

settore e / o devono essere strettamente identificati con una determinata organizzazione (Barney, 1991; Reed & DeFillippi, 1990⁴).

Infine, tali risorse devono essere difficili da replicare perché sono tacite (causalmente ambigue) o socialmente complesse (Teece, 1987; Winter, 1987⁵).

Con il passare degli anni si è affermata una connessione tra vantaggio competitivo e strutture economiche a sostegno dell'ambiente, ovvero una *Natural Resource Based View*. Nella Tabella 1⁶ vengono evidenziati le tre principali strategie da attuare secondo questa teoria.

Strategic Capability	Environmental Driving Force	Key Resource	Competitive Advantage
Pollution Prevention	Minimize emissions, effluents, & waste	Continuous improvement	Lower costs
Product Stewardship	Minimize life-cycle cost of products	Stakeholder integration	Preempt competitors
Sustainable Development	Minimize environmental burden of firm growth and development	Shared vision	Future position

Tabella 1: A Natural-Resource-Based-View: Conceptual Framework

⁴ Reed, R., & DeFillippi, R. 1990. Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of Management Review*, 15: 88-102.

⁵ Teece, D. 1987. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing, and public policy. In D. Teece (Ed.), *The competitive challenge*: 185-220. Cambridge, MA: Ballinger.

⁶ Hart, S. L., 1995. A natural resource based view of the firm. *Acad. Manage. Rev.* 20 (4), 986-1014.

1.3 Panoramica bibliografica sugli studi di Porter

L'immissione di norme ambientali più rigorose è stata tradizionalmente reputata come un fenomeno deleterio per la produttività e la competitività dell'industria, a causa di un surplus di costo a carico delle imprese.

Secondo Copeland e Taylor⁷, attraverso l'inserimento di regolamenti ambientali più tolleranti, i paesi tendono a ridurre i costi di produzione e migliorano la loro competitività. Infatti, anche se preliminarmente l'introduzione di politiche ambientali più rigorose volge a deteriorare le prestazioni dell'economia, si può sostenere che i flussi di innovazione indotti consentono ad un paese di diventare esportatore netto di tecnologie ambientali.

Lo shock causato da un nuovo regolamento crea una pressione esterna sulle imprese, che, spronate a realizzare nuovi prodotti o processi, influenzano il comportamento dinamico dell'economia, la competitività e il *welfare* sociale (Porter e van der Linde, 1995)⁸.

Infatti, secondo Porter: "Le regolamentazioni ambientali non costituiscono ostacoli per il vantaggio competitivo dell'azienda".⁹

Porter, inoltre spiegando il concetto da lui coniato di Catena del Valore, afferma che: "L'opinione pubblica oggi vede le imprese come la causa di molti problemi sociali ed economici: bisogna cambiare questa percezione con modelli di business diversi, in cui alla generazione di profitto si affianchino benefici per la comunità e il pianeta."¹⁰

Tale approccio, (Porter et al, 1995), sostiene che una stringente regolamentazione ambientale può indurre le imprese all'efficienza, nonché stimolare ed incoraggiare l'innovazione che può aiutare ad aumentare la competitività. Il risparmio ottenuto grazie all'adozione di nuove tecnologie è più che sufficiente a compensare sia i costi di adeguamento alla regolamentazione, che quelli necessari all'introduzione dell'innovazione.

⁷ Copeland, B.R., Taylor, M.S., 2003, *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton University Press, U.S.A.

⁸ Porter, M.E., van der Linde, C., 1995, Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), pp. 97-118.

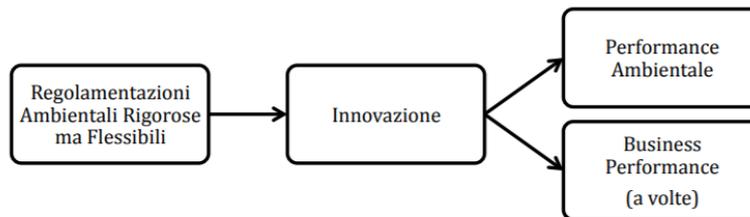
⁹ Porter, M. & Kramer, M.R. *Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility*, Harvard Business Review, December 2006, pp. 83

¹⁰ *Ibid.*, p. 90

Negli ultimi anni si è molto dibattuto su quella che tutto ormai conoscono come la PH ossia la “Porter Hypothesis”. Si tratta di un assioma in base al quale i due autori – Porter e Van der Linde nel 1995 modificano e riscrivono la vecchia regola secondo cui spingere un’azienda a rivedere il proprio ciclo produttivo adattandolo alle nuove regolamentazioni *green* avrebbe avuto un effetto negativo sul suddetto ciclo generando perdita di profitti.

I due economisti dimostrano invece come nel ciclo produttivo che genera inquinamento si annidino una serie di sprechi, quelli sì causa dell’inefficienza del business, per cui ridurre il proprio impatto inquinante significa anche ridurre gli sprechi e quindi portare giovamento al ciclo produttivo dell’azienda.

Volendo riassumere questa ipotesi ci troveremmo di fronte al seguente schema:



A corredo della loro ipotesi i due economisti stilano anche un elenco di 5 paradigmi che, se seguiti correttamente, avrebbero dimostrato il rapporto vantaggioso tra *green* e ciclo produttivo:

- Le normative segnalano alle aziende quali risorse sono più inclini a essere inefficienti e quali sono i potenziali miglioramenti tecnologici.
- Le regolamentazioni incentrate sulla raccolta di informazioni possono raggiungere maggior benefici facendo crescere la consapevolezza aziendale.
- Le normative riducono l’incertezza su quali investimenti intraprendere per la sostenibilità ambientale.
- Le regolamentazioni creano pressione che stimola l’innovazione e il progresso.
- Le regolamentazioni uniformano il campo di transizione delle innovazioni.

A differenza di Porter e Van Der Linde, Mohr (2002) sosteneva che ci fosse uno svantaggio ad essere il *first mover* qualora le esternalità generate dal processo del *learning by doing* producono economie di scala nelle imprese *followers*.

Infatti, il successo di una nuova ricerca non è certo e di conseguenza le imprese che decidono di non muoversi per prime possono comportarsi come *free-riders* adottando solo le tecnologie di successo e sostenendo costi di *compliance* minori.

Perciò nessuna impresa sarà tentata ad innovare se non spronata da una ferma regolamentazione. Sulla stessa linea Hurt (2004) afferma che le tasse ambientali possono incrementare la crescita inducendo investimenti in R&S che altrimenti non si verificherebbero proprio a causa di fallimenti del mercato.

Nonostante l'impegno delle ricerche nell'analisi dell'impatto delle "Environmental Innovation" (EI) sulla performance economica, la domanda "ripaga o no essere *green*?" esiste ormai da lungo tempo, senza una risposta che si possa considerare soddisfacente.

1.4 I diversi modelli di Environmental Innovation

Le innovazioni ambientali possono essere definite come innovazioni che consistono in processi, pratiche, sistemi e prodotti nuovi o modificati a beneficio dell'ambiente e che contribuiscono alla sostenibilità ambientale (Rennings, 2000¹¹).

In accordo con l'ipotesi di Porter, alcuni recenti studi empirici pongono l'accento sul rigore politico e, più precisamente, sulla percezione della severità da parte delle imprese regolamentate (indagine OCSE a Frondel e al., 2007¹²), come determinante chiave della risposta innovativa delle imprese.

¹¹ Rennings K. (2000) 'Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics', *Ecological Economics*, Vol. 32, pp. 319-332.

¹² Frondel M., Horbach J. and Rennings K., 2007, "End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries", in Johnstone N. (ed.), 2008, *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar, OECD, 2007.

Ashford e al. (1985)¹³ sostengono che, sebbene la rigidità sia il fattore più importante per suscitare una risposta innovativa, la flessibilità verso i mezzi di conformità, la variazione dei requisiti imposti ai diversi settori e i periodi di tempo della conformità contribuiscono a stimolare tecnologie alternative.

Di fatto, gli effetti della regolamentazione dipendono dal tipo di strumenti normativi e dal modo in cui viene attuata.

Altri studi empirici, in particolare Mazzanti e Zoboli (2006)¹⁴, Rehfeld e al. (2007)¹⁵ e Wagner (2007)¹⁶, mostrano che le innovazioni organizzative tendono ad essere fortemente correlate alle innovazioni ambientali di prodotto e di processo. Il livello di implementazione dei sistemi di gestione ambientale sembra avere un impatto positivo sulle innovazioni ambientali.

Infine, Scott (2003) presenta un'analisi econometrica analizzando il ruolo dei determinanti "tradizionali" del lato dell'offerta di innovazioni, come le attività di R&S, le pressioni della catena di approvvigionamento o le attività di rete.

Questa panoramica della letteratura mostra che le innovazioni ambientali sono guidate, come l'innovazione in generale, da una serie di determinanti la cui influenza è difficile da valutare. Nonostante le controversie, possiamo sostenere che la principale specificità delle innovazioni ambientali, oltre al loro impatto positivo sull'ambiente, è legata al ruolo determinante della regolamentazione. Questa specificità è collegata a quello che viene chiamato il problema della "doppia esternalità". Le innovazioni ambientali producono due tipi di esternalità positive: le consuete esternalità della conoscenza nelle fasi di ricerca e innovazione e esternalità nelle fasi di adozione e diffusione dovute all'impatto positivo sull'ambiente. In altre parole, il benefico impatto ambientale delle innovazioni verdi rende la loro diffusione sempre socialmente desiderabile. Ciò crea un duplice ostacolo, o fallimento del mercato, per le imprese che investono nell'innovazione ambientale poiché il ritorno privato sulla R&S nella tecnologia ambientale è inferiore al suo ritorno sociale. Di conseguenza, il doppio problema di esternalità tende a causare una mancanza di

¹³ Ashford N.A., Ayres C. and Stone R.F., 1985, "Using regulation to change the market for innovation", *Harvard Environmental Law Review*, Vol.9, pp.419-466.

¹⁴ Mazzanti M. and Zoboli R., 2006, "Examining the factors influencing environmental innovations", *FEEM Working Paper*, n°20.2006.

¹⁵ Rehfeld K.M., Rennings K. and Ziegler, A., 2007, "Integrated Product Policy and Environmental Product Innovations: An Empirical Analysis", *Ecological Economics*, 61 (1), pp.91-100.

¹⁶ Wagner M., 2007. "The Link between Environmental Innovation, Patents, and Environmental Management", *DRUID Working Papers*, n°07-14.

incentivi privati che inducono le imprese a sotto-investire in ricerca e sviluppo ambientale e innovazione. Questa doppia fonte di fallimento del mercato giustifica le esigenze degli strumenti politici e l'esistenza di ciò che Rennings (2000)¹⁷ chiama l'effetto "push-pull normativo".

L'EI può essere scomposto in almeno due tipologie: Energy and Resource ed Efficiency Innovations (d'ora in poi EREI), ovvero quelle innovazioni i cui effetti consistono in una riduzione di materiale ed energia utilizzati per unità di produzione, e Externality Reducing Innovations (ER da ora in poi), cioè quelle innovazioni volte a ridurre le esternalità di produzione come aria, acqua, inquinamento acustico e materiali dannosi.

Sebbene sia EREI sia ER affrontino il "doppio problema di esternalità" tipico di EI, poiché producono ancora *spillover* di innovazione e riducono le esternalità di produzione negative, una serie di prove empiriche hanno messo in luce come le due tipologie sono intrinsecamente diverse, sia nei *driver* (ad es. EREI beneficia maggiormente dell'utilizzo di fonti di informazione esterne) sia nella produttività (*sales over employees*); o infine nel ruolo che hanno come ostacoli al processo di innovazione. Antonietti, R. and Marzucchi¹⁸, hanno dimostrato che gli effetti di una politica *green* sull'azienda migliora l'efficienza produttiva dell'azienda stessa solo quando l'investimento in tecnologie ad impatto *green* mirano a ridurre (contemporaneamente) sia le esternalità che l'uso di materie prime.

La principale ipotesi sull'adozione di questi sistemi va nella direzione formulata da Rennings¹⁹ secondo cui gli effetti sulla redditività delle EI devono essere considerati eterogenei e dipendenti dalla tipologia considerata. L'aspettativa è che le EREI possano condurre a una situazione di totale garanzia sia per l'ambiente che per l'impresa all'interno di un'equazione in cui performance ambientale e beneficio economico crescano parallelamente.

1.5 Ricerca empirica sull'adozione dei modelli EI

¹⁷ Rennings K. (2000) 'Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics', *Ecological Economics*, Vol. 32, pp. 319-332.

¹⁸ Antonietti, R. and Marzucchi, A. *Green investment strategies and export performance: A firm-level investigation*. INGENIO WORKING PAPER SERIES, Working Paper N° 2013/2

¹⁹ Rennings K. (2000) 'Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics', *Ecological Economics*, Vol. 32, pp. 319-332.

Poiché Porter vede l'efficienza delle risorse come una parte dell'efficienza totale dell'azienda, secondo Ghisetti e Rennings²⁰ le EREI dovrebbero principalmente mostrare effetti positivi sulla competitività, mentre gli effetti delle ER dipenderebbero dal grado in cui le esternalità ambientali sono incorporate nella regolamentazione.

Ghisetti e Rennings testano se l'introduzione di EREI o ER in risposta a una corrente o futura regolazione (EREI_REG o ER_REG) generi una differente redditività in confronto all'introduzione di EREI o ER come reazione alla disponibilità di incentivi finanziari e sussidi mirati all'introduzione di EI (EREI_GR o ER_GR).

Il test effettuato utilizza un campione di dati panel di imprese tedesche (Mannheim Innovation Panel) e comprende una serie di domande sull'EI coerenti con le linee guida europee emanate dal Community Innovation Survey (CIS).

La scelta del MIP è stata decisa poiché esso non solo mette a disposizione informazioni sulla redditività delle aziende e sulle dimensioni del mercato al cui interno ogni azienda opera, ma anche perché esamina le variabili correlate, come le strutture interne di ogni impresa e poiché, infine, permette di unire due flussi di campioni, risalenti a due momenti differenti, il primo nel 2009 e l'ultimo nel 2015, così da avere un paragone sui risultati che avvalorano o confutano l'ipotesi di partenza.

La ricerca si è focalizzata sulle due tipologie di EI esaminate nel paragrafo precedente, ossia EREI ed ER, allo scopo di testare i benefici sul reddito aziendale (Figura 1). A tal proposito Ghisetti e Rennings hanno predisposto quattro equazioni di riferimento per analizzare il loro campione:

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EI_i + \beta_2 MS_i + \beta_3 HHI_i + \beta_4 SIZE_i + \gamma SECT_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_i + \beta_2 ER_i + \beta_3 MS_i + \beta_4 HHI_i + \beta_5 SIZE_i + \gamma SECT_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_i + \beta_2 ER_i + \beta_3 MS_i + \beta_4 HHI_i + \beta_5 SIZE_i + \beta_6 RD_i + \beta_7 LPAT_i + \beta_8 PC_i + \gamma SECT_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_i + \beta_2 ER_i + \beta_3 MS_i + \beta_4 HHI_i + \beta_5 SIZE_i + \beta_6 RD_i + \beta_7 LPAT_i + \beta_8 PC_i + \beta_9 EAST_i + \gamma SECT_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

Figura 1:Equazione Ghisetti e Rennings 1

Lo scopo della ricerca come detto è rispondere al quesito: conviene adottare una strategia *green* all'interno della propria azienda? Per rispondere a questa domanda i due studiosi hanno adottato una griglia che comprende le variabili EI, EREI, ER (Figura 2):

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_REG_i + \beta_2 ER_REG_i + \beta_3 EREI_NOREG_i + \beta_4 ER_NOREG_i + \beta_5 MIXED_REG_i + \gamma CONTROLS_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_VOL_i + \beta_2 ER_VOL_i + \beta_3 EREI_NOVOL_i + \beta_4 ER_NOVOL_i + \beta_5 MIXED_VOL_i + \gamma CONTROLS_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

$$OM_i = \alpha + \beta_1 EREI_GR_i + \beta_2 ER_GR_i + \beta_3 EREI_NOGR_i + \beta_4 ER_NOGR_i + \beta_5 MIXED_GR_i + \gamma CONTROLS_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

Figura 2:Equazione 2

Il campione non offre una panoramica chiara per comprendere se sia stato introdotto una EREI o ER. Pertanto, nelle equazioni (5)-(7) è stata introdotta la variabile Mixed, per evitare doppi conteggi.

Infine, nella tabella seguente sono analizzate le diverse ragioni che fanno propendere una impresa per l'adozione EI e gli effetti sulla redditività. Avvalorando le tesi di Ghisetti e

	(I)	(II)	(III)
EREI_REG	1.7726* (1.0424)		
ER_REG	-1.8817** (0.9110)		
EREI_NOREG	1.3738 (1.0072)		
ER_NOREG	-0.7887 (1.4041)		
MIXED_REG	0.9503 (0.9100)		
EREI_VOL		1.1825 (1.3684)	
ER_VOL		-1.8301 (1.4693)	
EREI_NOVOL		2.0289** (0.8007)	
ER_NOVOL		-1.1232 (0.8536)	
MIXED_VOL		0.2572 (1.1979)	
EREI_GR			0.2980 (1.0669)
ER_GR			-6.7765*** (1.7819)
EREI_NOGR			2.0365*** (0.7451)
ER_NOGR			-1.0242 (0.7398)
MIXED_GR			-0.4049 (1.6742)
SIZE	-0.1190 (0.1422)	-0.1175 (0.1422)	-0.1131 (0.1419)
RD	0.2106 (0.4964)	0.2103 (0.4962)	0.2054 (0.4966)
LPAT	0.0421 (0.0636)	0.0464 (0.0643)	0.0452 (0.0639)
MS	1.0802 (0.7899)	1.0674 (0.7912)	1.0048 (0.7924)
HHI	-0.0057* (0.0032)	-0.0058* (0.0032)	-0.0056* (0.0032)
EAST	-0.0670 (0.4312)	-0.0772 (0.4327)	-0.0446 (0.4314)
PC	0.6033 (0.4661)	0.5867 (0.4675)	0.5716 (0.4651)
Constant	3.1272** (1.2163)	3.1268** (1.2157)	3.0722** (1.2092)
Insigma Constant	1.8085*** (0.0286)	1.8088*** (0.0286)	1.8068*** (0.0287)
N	1013	1013	1013
MLCox-Snell R2	0.065	0.065	0.067

Standard errors in parentheses *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

Tabella 2: Estimation Results

Rennings è evidente che quando una EI sia introdotta come risposta a una corrente o futura regolamentazione, una ER continua a influenzare negativamente la competitività aziendale, mentre EREI è ancora fortemente positiva.

Uno degli esiti dello studio di Ghisetti e Rennings è quello di scomporre la performance aziendale prendendo in considerazione in maniera separata i diversi vantaggi derivanti dall' EI (Figura 3).

Le conclusioni della ricerca sono molto chiare:

- C'è un vantaggio evidente nell'adozione di una politica *green* laddove l'azienda punti ad una riduzione dell'uso di energia e risorse, dal momento che ridurre l'impatto ambientale della propria produzione conduce ad un accrescimento della performance ambientale.
- Quando l'innovazione si concentra su una riduzione ponderata di esternalità come materiali pericolosi, inquinamento di aria, acqua, suolo e sonoro, l'adozione di politiche *green* non è efficace nel breve-medio periodo, poiché il costo dell'adozione della ER sembra superare un potenziale guadagno.
- Un meccanismo alla Porter emerge quando si considerano le EREI introdotte per regolamentazione.

Key Environmental variables EREI and ER in MIP 2009

Environmental process innovations	Share of EI with low, medium or high environmental benefits	Share of Ei with high environmental benefits	Type of EI
Reduced Material per unit of output	37%	5%	EREI
Reduced energy per unit of output	44%	6%	EREI
Reduced CO ₂ footprint	34%	6%	EREI
Reduced air pollution	24%	4%	ER
Reduced water pollution	24%	4%	ER
Reduced soil pollution	15%	2%	ER
Reduced noise pollution	24%	2%	ER
Replaced dangerous materials	24%	4%	ER
Recycled waste, water or materials	39%	5%	None

Source: Mannheim Innovation Panel 2009

- Fonte: Ghisetti e Rennings (2014)

Figura 3: Key Environmental variables EREI and ER in MIP 2009

Sebbene lo studio di G&R abbia risposto in maniera empirica a una delle fondamenta del quesito: se convenga e quanto adottare politiche *green* nella propria azienda, rimangono altri campi ancora da indagare e da esaminare. Lo stato dell'impresa al momento dell'introduzione delle EI, e questo sia che si tratta di EREI o ER, è un fattore incidentale per determinare la corretta applicazione delle EI nel business aziendale.

Infine, Hart (1995) ha già messo in evidenza che: come maggiori sono le risorse finanziarie e la capacità strategiche del management, e più semplice sarà l'adozione di una politica *green*.

CAPITOLO II: I CONGRESSI PER L'AMBIENTE

2.1 Le conferenze internazionali

I temi delle *green economy* e di come la tecnologia innovativa possa contribuire in modo determinante al miglioramento della sostenibilità ambientale hanno acquisito priorità nell'agenda internazionale in particolare a partire dai primi anni 90. La conferenza sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite, tenutasi dal 3 a 14 giugno 1992 è stata la

prima conferenza mondiale dei capi di Stato che trattava in modo specifico i temi dello sviluppo eco compatibile.

L'obiettivo dell'accordo era quello di costituire un centro di collaborazione a livello globale per limitare il fenomeno del *global warming* e dei connessi cambiamenti climatici ed essere in grado di affrontarne le conseguenze. Come ovvio, uno dei temi principali della conferenza era la ricerca di risorse energetiche alternative rispetto a quelle fossili ritenute le principali responsabili dei cambiamenti climatici in atto.

La conferenza si concluse con la stesura della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC)²¹, che obbligava i governi a perseguire un "*obiettivo non vincolante*" per ridurre le concentrazioni atmosferiche dei gas effetto serra con lo scopo di "*prevenire interferenze antropogeniche pericolose con il sistema climatico terrestre*".

Il 1992 è stato quindi un anno fondamentale per i temi ambientali in quanto finalmente gran parte degli stati della terra hanno preso coscienza di un problema che stava diventando sempre più urgente. Alla conferenza del 1992, conosciuta anche come il Summit della Terra o Eco92 parteciparono 172 rappresentanze governative (tra cui 108 Capi di Stato) e 2.400 rappresentanti di organizzazioni non governative.

A seguito della Conferenza vennero adottati 5 documenti fondamentali che costituiranno, da quel momento in poi, le linee-guida per l'azione degli Stati membri:

- La Convenzione quadro delle Nazioni Unite per i cambiamenti climatici (UNFCCC)
- La Convenzione sulla diversità biologica
- L'Agenda 21
- La Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo
- I Principi sulle Foreste.

Il documento principale, per i suoi risvolti strategici e operativi è senz'altro la Convenzione quadro delle Nazioni Unite per i cambiamenti climatici (UNFCCC). Si tratta di un vero e proprio trattato internazionale il cui obiettivo è la promozione di

²¹ Si veda <https://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19920113/201310030000/0.814.01.pdf>

politiche e sforzi comuni per superare il problema dei mutamenti del clima e delle sue potenziali e disastrose conseguenze.

La Convenzione contiene innanzitutto un fondamentale *statement* che consiste nel riconoscimento del sistema climatico come bene pubblico e la presa di coscienza che esso è gravemente minacciato dalle emissioni di CO₂ e altri gas ad effetto serra.

Soltanto uno sforzo coordinato e comune permetterà di affrontare seriamente questo problema.

La Convenzione è entrata in vigore il 21 marzo 1994. Tra i suoi obiettivi figurano la raccolta globale di dati sulle emissioni di gas serra, l'elaborazione di politiche internazionali per la riduzione dei gas climalteranti, la cooperazione per l'adattamento all'impatto dei cambiamenti climatici.

L'Italia ha ratificato la Convenzione il 4 giugno 1996.

Il trattato entrò in vigore il 21 marzo 1994, da quel momento, le parti si sono incontrate annualmente nella “*Conferenza delle Parti (COP)*”²² per analizzare i progressi.

2.2 Il protocollo di Kyoto

Gli strumenti di attuazione della strategia globale dell'UNFCCC vengono definiti protocolli. Si tratta di documenti dove vengono fissati degli obiettivi misurabili a cui i paesi devono tendere in un definito arco temporale. Il più importante viene adottato durante la terza sessione della Conferenza delle Parti (COP3) tenutasi a Kyoto in Giappone nel 1997 e infatti porta il nome di protocollo di Kyoto (Appendice A1).

Il protocollo di Kyoto prevedeva per il periodo 2008-2012 la diminuzione in 39 paesi delle emissioni di gas serra in misura non inferiore all'8,65% rispetto al livello registrato nel 1990. La sua applicazione però avvenne con forti ritardi per le resistenze

²² Si veda https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations_it

di numerosi paesi e solo nel 2005 questo venne ratificato dalla Russia arrivando così al 55% dei paesi aderenti, soglia ritenuta minimale affinché il protocollo avesse effettivamente una sua valenza. Nell'anno considerato, le emissioni di anidride carbonica ammontavano circa a 24 milioni di tonnellate ed erano prodotte principalmente da Nord America, Europa ed Eurasia (Figura 3)²³.

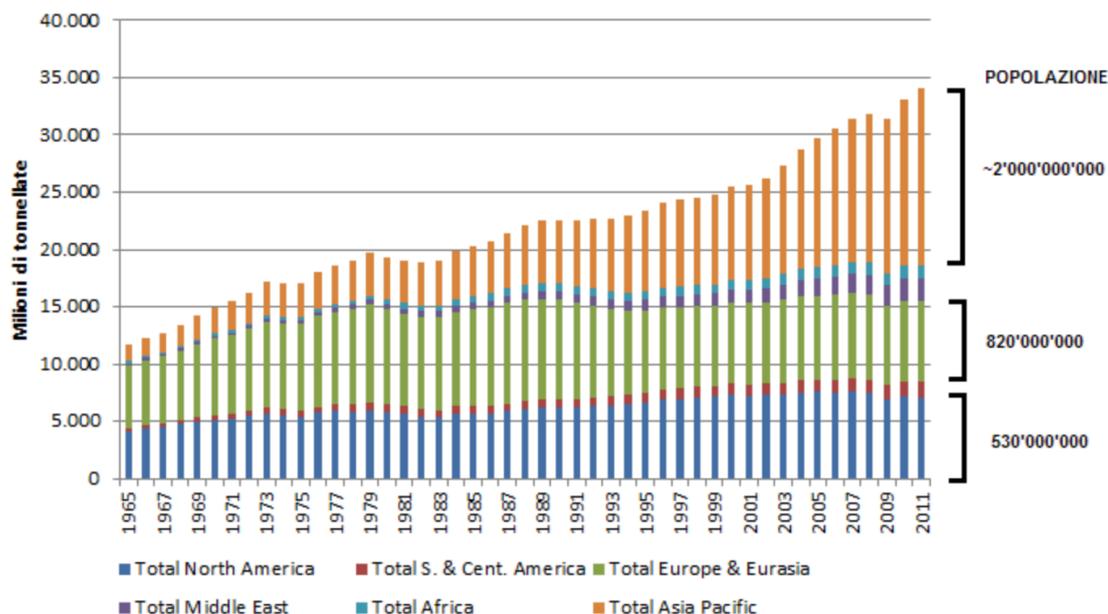


Figura 4: Emissioni di anidride carbonica

I gas climalteranti (GHG - *GreenHouse Gases*) oggetto degli obiettivi di riduzione sono:

- la **CO₂** (anidride carbonica), prodotta dall'impiego dei combustibili fossili in tutte le attività energetiche e industriali oltre che nei trasporti;
- il **CH₄** (metano), prodotto dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso;
- l'**N₂O** (protossido di azoto), prodotto nel settore agricolo e nelle industrie chimiche;
- gli **HFC** (idrofluorocarburi), impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere;
- i **PFC** (perfluorocarburi), impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere;
- l'**SF₆** (esafluoruro di zolfo), impiegato nelle industrie chimiche e manifatturiere.

²³ Si veda <https://www.minambiente.it/pagina/i-progetti-clean-development-mechanism>

Le esigenze di sviluppo di diversi paesi all'epoca richiesero delle forme di flessibilità e gradualità (questo suscitò invero numerose critiche soprattutto da parte dei movimenti ambientalisti soprattutto per alcuni di questi meccanismi) e pertanto il protocollo, oltre a prevedere un sistema di tetti vincolanti per le emissioni dei diversi paesi, stabiliva anche un sistema di cosiddetti meccanismi flessibili:

- *Clean Development Mechanism (CDM)*²⁴;
- *Joint Implementation (JI)*²⁵;
- *Emission Trading (ET)*²⁶.

Il meccanismo CDM consente alle imprese dei paesi industrializzati aderenti la realizzazione di progetti mirati alla riduzione delle emissioni di gas serra nei paesi in via di sviluppo senza vincoli di emissione.

Le emissioni ridotte dalla realizzazione dei progetti attribuiscono crediti di emissioni o CERs (*Certified Emission Reductions*) che potranno essere utilizzati per l'osservanza dei propri obblighi di riduzione.

Il meccanismo JI consente alle imprese dei paesi aderenti la realizzazione di progetti volti alla riduzione delle emissioni in altri paesi con vincoli di emissione.

Quindi, il protocollo di Kyoto fornisce un quadro istituzionale particolarmente favorevole alla diffusione della tecnologia, in cui vengono implementati strumenti di mercato (i meccanismi flessibili) con l'obiettivo specifico di ridurre i costi per le industrie private e promuovere la diffusione di tecnologie rispettose dell'ambiente, in particolare nei paesi in via di sviluppo.

La conferenza del 1992 e il successivo protocollo di Kyoto sono stati sicuramente passi importanti, ma le concrete realizzazioni si sono rilevate alquanto limitate soprattutto a causa dei ritardi e delle resistenze di diversi paesi. Il dibattito e gli interventi a livello internazionale si sono comunque intensificati negli anni successivi e nel 2015 si è tenuta a Parigi un'altra fondamentale conferenza internazionale denominata COP2²⁷. Il Protocollo di Kyoto resta fondamentale per parametrare quei problemi tipici che

²⁵ Si veda <https://www.minambiente.it/pagina/joint-implementation>

²⁶ Si veda <https://www.minambiente.it/pagina/emission-trading>

²⁷ Si veda https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it

influiscono sulla regolamentazione ambientale. Gli accordi ambientali multilaterali in genere tendono a ridurre l'esistenza dei *free-riders*, garantendo così un'equa distribuzione tra costi e benefici. Esaminando i requisiti specifici per un'efficace regolamentazione ambientale evidenziata da Porter e van der Linde (1995), il Protocollo di Kyoto sembra ben progettato perché:

1) il suo focus si basa sui risultati e non sulle tecnologie (ha obiettivi chiari ma un approccio flessibile);

2) permette un uso esteso di incentivi di mercato (compresi permessi negoziabili);

3) si basa su un coordinamento regolamentare esteso (tra industrie e autorità di regolamentazione, nonché tra molte controparti internazionali). Un procedimento così specifico aiuta chiaramente a ridurre gli eventuali danni causati da una normativa ambientale non efficiente; sempre Porter insiste sull'influenza positiva di "standard ambientali adeguatamente progettati" e sul paradigma della competitività dinamica (Porter e van der Linde, 1995, pp. 98). Come sottolineato in Wagner (2003), una regolamentazione inefficiente aumenta i costi di conformità per le imprese, rendendo così meno probabile per i benefici dell'innovazione compensare i costi.

CAPITOLO III: IL MERCATO EUROPEO DELL'ENERGIA RINNOVABILE

In questo capitolo, come già anticipato è proposta una panoramica sul mercato delle energie rinnovabili in Europa e nel mondo, attraverso un focus sull'energia termica.

3.1 Analisi empirica del mercato

Gli esperti di energie pulite stanno analizzando tutti i segmenti di questo mercato, in Europa e nel mondo. Non c'è dubbio che questa area si stia espandendo in modo straordinario e, sulla base delle loro ricerche in diversi campi, gli analisti di Frost &

Sullivan²⁸ (società globale di consulenza per lo sviluppo economico di impresa) prevedono che le entrate raddoppieranno, triplicheranno o cresceranno ancora di più nei prossimi anni. Da un'analisi condotta nel 2017, il mercato Europeo dell'Energia Rinnovabile (analisi d'Investimento e opportunità di Crescita) rivela che questo mercato ha registrato introiti pari a 8,89 miliardi di euro nel 2019 e prevede di raggiungere quota 14,54 miliardi di euro nel 2020.

Anche in Cina il governo sente la necessità di intervenire aumentando le iniziative volte ad accelerare lo sviluppo dell'energia pulita. I ricercatori di Frost & Sullivan rivelano che i mercati cinesi delle energie rinnovabili hanno registrato entrate per 6,9 miliardi di dollari nel 2018. Una cifra questa che potrebbe salire a 17,9 miliardi di dollari nel 2023. Secondo queste ricerche, fra i diversi segmenti di mercato, gli impianti fotovoltaici saranno fra le fonti di energia rinnovabile a crescita più rapida, e lo sviluppo di questo settore supererà anche quello dell'energia eolica. L'industria dell'energia delle biomasse ha un grande potenziale in termini di introiti, non solo per il fatto che i sussidi governativi sono sufficienti, ma anche grazie all'adeguata disponibilità di riserve di carburanti da utilizzare come materia prima. Gli edifici sono responsabili del 40% di tutte le emissioni di carbonio-diossido in Europa. (M. Tomescu, I. Moorikens, W. Wetzels, L. Emele, H. Forster e B. Greiner, 2016)

La Commissione Europea attribuisce un'importanza primaria al problema dei cambiamenti climatici, e gli Stati membri si sono impegnati a ridurre le emissioni di CO₂ per raggiungere gli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto. Nonostante tutti gli sforzi compiuti gli stati membri continuano a sprecare una parte significativa della loro energia, soprattutto per ragioni di inefficienza. Pertanto, se l'Unione Europea vuole raggiungere i suoi obiettivi, sarà essenziale ridurre il consumo energetico in tutti gli edifici. Secondo Frost & Sullivan, qualora venissero applicati standard più rigidi ai nuovi edifici e agli edifici restaurati, l'Unione Europea riuscirebbe a raggiungere una diminuzione significativa delle emissioni di gas a effetto serra. Il mercato, dunque, sta crescendo e stiamo assistendo a una accelerazione degli investimenti che non ha precedenti. Per aiutare le industrie e le imprese a fronteggiare questa nuova sfida dei mercati, Frost & Sullivan ha raggruppato le diverse competenze dei diversi settori (Auto e Trasporti, Ambiente, Energia e Chimica) per offrire una più ampia e completa copertura dei mercati delle energie pulite.

²⁸ Si veda <https://ww2.frost.com/>

Van der Leun, membro del consiglio di amministrazione di Econcert (gruppo internazionale con sede centrale nei Paesi Bassi che dal 1984 opera attraverso le sue società controllate in tutti i settori della sostenibilità energetica), ha affermato che nell'arco di pochi anni la crescita dell'energia solare avrà la meglio sugli ostacoli della rete (gasdotti) e le questioni legislative. Sulla base delle analisi di mercato e della lunga esperienza sul campo di Econcert, si prevede che l'energia solare di nuova installazione supererà le altre fonti di energia entro al massimo una decina d'anni.

In termini di volume, dalla fine degli anni Novanta, l'energia solare ha registrato tassi di crescita annuale compresi tra il 40 e il 50%; nel frattempo, grazie agli sviluppi dell'innovazione tecnologica e a una maggiore capacità produttiva, il prezzo degli impianti è diminuito secondo una media del 7-10% l'anno. Le previsioni di Econcert si basano sull'esperienza diretta maturata dal Gruppo lungo l'intera *supply chain* del mercato dell'energia solare: dall'approvvigionamento dei materiali e dei componenti di base, fino alla produzione, pianificazione e installazione di parchi fotovoltaici. Soltanto quest'anno Econcert ha installato 35 MW e si aspetta di installare altri 75 MW nel 2020. Van der Leun invita l'industria e i governi di ogni paese ad adattare la propria rete elettrica alle opportunità del solare dal momento che, se non saranno prese misure straordinarie né in termini di accesso alla rete né di regolamentazione, la crescita del settore dell'energia solare dovrà essere frenata già nel 2019.

Urge quindi un piano d'azione dal momento che, la complessità della burocrazia e l'attuale inefficienza dei collegamenti fisici della rete rappresentano già ora un'impasse. Sciogliere questi nodi è ora più che mai fondamentale: la crescita dell'energia solare è più rapida di quanto molti si aspettano.

3.2 Fattori di competitività

“L'Unione Europea dovrebbe promuovere un'istituzione che premi i progetti di ricerca applicata e innovazione più promettenti dal punto di vista della vocazione industriale. In questo modo darebbe sicurezza agli investitori, attirando più capitale privato. Uno 'European Innovation Council', sul modello dell'esistente 'Consiglio europeo per la ricerca' che finanzia con successo l'eccellenza nella ricerca di base” (Laura La Posta ed Eleonora Della Ratta, 2018) con queste parole Eicke Weber, direttore del Fraunhofer ISE

(istituto europeo per l'energia solare), nel 2018 ha voluto ribadire la necessità di un impegno più serrato dell'Europa nei confronti delle energie rinnovabili e in particolare dell'energia solare, al fine di definire strategie utili per promuovere l'innovazione energetica.

La missione dell'ISE consiste nel fornire un servizio unico e ad alto valore aggiunto guidato dalla forza di una sola voce dell'industria delle energie rinnovabili. L'associazione mira a promuovere la *green economy* a livello europeo e mondiale e ad assistere i suoi membri nello sviluppo delle loro attività sia nell'Unione Europea che nei mercati di esportazione.

In particolare, quello che fa: (Laura La Posta ed Eleonora Della Ratta, 2018)

- informa i suoi membri riguardo gli ultimi sviluppi legislativi;
 - anticipa la legislatura grazie a un enorme impatto sul settore;
 - fa previsioni sugli sviluppi del mercato europeo e globale;
 - promuove una più alta penetrazione della tecnologia;
 - mobilita il settore tramite lavori di gruppo in modo da definire una chiara posizione riguardo a problemi tecnici politici ed economici;
 - accompagna lo sviluppo industriale attraverso azioni politiche;
 - facilita i contatti b2b attraverso gli azionisti dell'industria;
- supporta le organizzazioni nazionali nel raggiungere i loro obiettivi locali;
- organizza conferenze dove viene spiegato come l'elettricità creata dal sole abbia un forte potenziale e necessita di un supporto addizionale.

3.3 Innovazione e Freni allo sviluppo

Dopo 4 anni di rapida e spettacolare espansione il solare termico in Europa (compresa la Svizzera, che è sempre tenuta in conto nelle analisi) ha perso slancio determinando nel complesso una decrescita. La causa principale è nell'arresto delle installazioni in Germania, il mercato principale per il solare termico europeo; tuttavia in molti altri Stati,

Italia compresa, continuano a crescere le superfici installate. Nel solo 2016 in Europa, erano stati installati oltre 3 milioni di metri quadrati di collettori per una potenza termica di 2.100 MW (MW termici), la crescita rispetto al 2015 è stata del 47% mentre il mercato è raddoppiato in soli tre anni (erano 137.000 m quadri installati nel 2002). Invece nel 2017 la cifra si è fermata a 2.740.000 m quadri installati smentendo alcune rosee previsioni e determinando una decrescita del 9%.

Tuttavia, a fine 2018, il totale cumulato della potenza termica è di 15,4 GWt. I primi mesi del 2018 si sono manifestati in controtendenza rispetto al 2017 con molte nuove installazioni; i Paesi che si affacciano sul Mediterraneo guidano la crescita. Lo stop al mercato tedesco è stato determinato da diversi fattori, primo il mercato dei collettori solari che ha avuto un calo del 30%. Alla fine del 2017 la superficie installata era di soli 940.000 m², di poco inferiore al 2015. (dati raccolti da GSE²⁹)

Il mercato austriaco, il principale ed il migliore a livello di Europa continentale, ha subito uno stop pari a quello tedesco. Gli altri mercati “chiave” europei sono Francia (+16%), Spagna (+50%) ed Italia (+32%) dove, invece, la crescita è stata regolare con cifre che hanno superato la quantità installata l’anno precedente. (European Environmental Agency, Lussemburgo 2020)

Bisogna ricordare che la crescita annuale media europea è di 3,8 kWt ogni 1.000 persone. In Austria nel 2017 il valore è stato di 24 kWt mentre in Germania di 8 kWt ogni 1.000 persone. I Paesi mediterranei, invece si attestano su valori inferiori: 3,1 kWt in Spagna e 2,9 kWt in Francia e Italia che, trovandosi molto al di sotto della media europea, risultano essere i Paesi più promettenti per questa tecnologia nell'immediato futuro. Purtroppo, il mercato dei collettori solari è ancora troppo sbilanciato verso i Paesi di lingua tedesca (45% del mercato, erano al 60% a fine 2017), mentre, solo ultimamente, i Paesi mediterranei hanno cominciato il loro sviluppo (38% del mercato). Per questo una perturbazione sui primi si ripercuote sulle statistiche di tutta l’Europa, ma, sperabilmente, questa situazione è destinata a cambiare.

In Italia, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, il sole non è mai stato considerato una fonte adatta al riscaldamento dell’acqua per usi civili ed industriali; la mancata diffusione è dovuta da una parte al forte sviluppo della rete di distribuzione gas e dall’altra ad un background tecnologico gestito male. Infatti dapprima negli anni 50 e 60 si

²⁹Si veda <https://www.gse.it/>

sviluppa la rete di distribuzione e l'*appealing* del solare termico non era ancora nato, poi negli anni '70, a seguito degli shock petroliferi, le tecnologie solari per il riscaldamento dell'acqua divenivano via via più diffuse grazie a un programma di finanziamento dell'Enel; tuttavia gli impianti installati erano tecnicamente carenti sotto molti punti di vista (ad esempio, mancava un dispositivo a vaso di espansione oppure erano a riscaldamento diretto del liquido) ed avevano portato rapidamente l'adozione della tecnologia ad un collasso in concomitanza con la sospensione del piano di incentivi (1987).

Solo più tardi, a partire dal 1994-1996, è riemerso un interesse per il riscaldamento solare, dal momento che le tecnologie solari avevano raggiunto buoni standard di affidabilità e maturità tecnica. Di conseguenza la crescita annuale è stata del 15% con circa 50 MWt installati annualmente ed una posizione marginale all'interno del mercato solare europeo. Ma la situazione è notevolmente cambiata negli ultimi 3 anni, con i valori triplicati di installazioni annuali e con un mercato in vera e propria espansione. I dati indicano una crescita media superiore al 30% annuo con 127.000 kWt installati nel 2016, 186.000 nel 2017 e 245.000 nel 2018 con un 15% di collettori solari sottovuoto ed il resto composto da collettori semplici. Si tratta di valori in linea con gli altri mercati emergenti (Spagna e Francia) cui però bisogna associare le cifre della quantità pro-capite di energia termica da pannello che risulta molto bassa, segno che ci sono ampi margini di penetrazione nel mercato e di possibilità per l'industria. Proprio con il grande potenziale di installazioni deve fare i conti la nascente industria italiana del settore che subisce le pressioni della concorrenza straniera. L'industria italiana è piccola e schiacciata dalla concorrenza estera, basti pensare che solo il 23% delle installazioni è fatto con materiale italiano mentre il restante 77% è costituito da impianti concepiti e costruiti all'estero in cui in Italia avviene solo l'installazione. Tuttavia, i produttori nazionali riescono ad esportare il 116% della loro produzione. Si contano complessivamente 60 operatori nel campo solare termico in maggior parte concentrati al Centro Nord, con eccellenze nel Trentino-Alto Adige. Tuttavia, esistono anche industrie importanti al Sud, in particolare nel leccese (Costruzioni solari e Idaltermo) e a Catania (Ecosol); la Costruzioni Solari è attiva nella costruzione di macchinari per il settore e nello sviluppo di soluzioni adatte all'industria (un collettore in grado di portare l'acqua a 300°C). Il comparto è costituito da tre quarti da industrie specializzate nel solare termico e da un quarto di industrie termoidrauliche che hanno acquisito know how tecnico e tecnologico nel settore investendo in specializzazione e formazione negli ultimi tre quattro anni.

A fronte delle potenzialità di penetrazione del solare termico nel paniere tecnologico delle nuove fonti di energia occorre specificare che gli sviluppi sono possibili in diverse direzioni. Per gli usi civili le previsioni sono di una espansione dei sistemi di riscaldamento solare per edifici con più di 4 appartamenti che sono oltre il 40% del residenziale in Italia. A questo dato ne vanno però affiancati altri due: gli impianti di riscaldamento indipendenti per nucleo familiare sono circa 4/5 del totale e pari a 21.200.000.

Spesso, anche nel caso di impianti di riscaldamento centralizzati (4.700.000) si ha presenza di impianti autonomi. In un panorama così frammentato occorre trovare le leve per permettere una penetrazione maggiore del solare termico, non solo sulle nuove costruzioni, ma anche sulle ristrutturazioni. Limitatamente alle nuove costruzioni ci sono la certificazione energetica e gli obblighi di produrre una quota parte di energia da fonte rinnovabile che permettono di acquisire background tecnico nelle installazioni integrate anche su grandi superfici. Per il costruito, invece, si contano circa 306.000 unità annualmente ristrutturate nella parte impiantistica (430.000 edifici per le manutenzioni straordinarie). In pratica bisogna permettere di avere il solare termico come opzione possibile e economicamente alla pari rispetto al vecchio impianto a fonte fossile (in Italia siamo al 75% a gas, 16,5% a gasolio e 6,5% a Gpl). Le prospettive per il prossimo decennio indicano due direzioni per lo sviluppo del solare termico:

- il teleriscaldamento solare;
- il calore di processo per l'industria; (Nicola Armalori e Vincenzo Balzani, 2011)

Riguardo al primo punto è pensabile ed ipotizzabile raggiungere economie di scala facendo convergere la domanda di energia termica in impianti comuni a cui vengano asservite utenze civili che per la configurazione degli edifici oppure per la loro ubicazione non possono essere dotate di singoli sistemi. Si pensi al caso di alcuni nuclei abitati in cui la distanza tra le case, la conformazione dei tetti e il giusto riguardo per il patrimonio storico non possono essere sede di impianti solari, ma che, allo stesso tempo, la zona sia particolarmente interessante ed economicamente conveniente per l'irraggiamento. In questi casi specifici un teleriscaldamento solare potrebbe essere la soluzione migliore, soprattutto nel caso in cui i costi di installazione e di connessione in rete avessero un adeguato tempo di ammortamento. Per quanto riguarda, invece, le applicazioni

industriali, bisogna effettuare un salto di qualità dell'energia ricavata dal sole, cioè bisogna passare a temperature superiori ai 100 gradi e, quindi, affidarsi alle tecnologie che concentrano i raggi del sole su un collettore. Si tratta di specchi parabolici che riescono a portare il fluido, spesso indirettamente, a temperature intorno ai 200°C che sono quelle utilizzate in un certo tipo di industria. Se da un lato queste applicazioni non possono essere pensate come l'unica fonte di calore di processo, dall'altro, in contesti ambientali favorevoli, possono provvedere al taglio dei costi di combustibile.

Le filiere interessate da basse entalpie sono principalmente l'industria alimentare (settore caseario, trasformazione della carne, oleifici) e il settore tessile e quello delle bevande (birra, bibite gassate, distillazione). Tra le applicazioni di questo tipo troviamo, forni solari per la cottura (in aree a forte soleggiamento come le tropicali ma anche le zone in quota) oppure più tecnologici generatori di vapore a concentrazione solare.

CAPITOLO IV: LA SITUAZIONE ITALIANA

Nel presente capitolo, l'elaborato presenterà un approfondimento sulle energie rinnovabili in Italia, in particolare settore energetico e fotovoltaico prendendo questi come mercati di riferimento su cui testare l'ipotesi di Porter. Inoltre, per meglio comprendere lo sviluppo dell'innovazione *green* nel nostro paese, nella parte finale del seguente capitolo, la seguente tesi si focalizzerà sulle eco-innovazioni in Italia.

4.1 Principali problemi che interessano la rete elettrica tradizionale

Per quanto riguarda le principali carenze della rete elettrica tradizionale italiane si riscontra una contiguità di problemi comune a tutta l'area europea. Le principali carenze funzionali di questo tipo di rete sono:

- ✓ Non è in grado di soddisfare autonomamente la domanda di energia dei propri utenti, quindi deve acquisire l'elettricità prodotta dai servizi pubblici al fine di garantire un approvvigionamento energetico adeguato alle esigenze di tali utenti;
- ✓ Adotta un modello basato sul consumo e sui ricavi che non incoraggia gli utenti a risparmiare energia;

- ✓ È basato su un "design statico" che non consente il monitoraggio dei dati relativi all'alimentazione, al consumo e ai potenziali guasti della rete elettrica;
- ✓ Mette a rischio il corretto funzionamento delle infrastrutture cruciali per un paese in quanto ospedali, stazioni di polizia, caserme militari, ferrovie, ecc. dipendono da essa;
- ✓ Non consente agli utenti di monitorare i propri consumi energetici in tempo reale;
- ✓ Prevede costi per la manutenzione dei dispositivi di connessione remota;
- ✓ Non è dotata dell'*overlay* di comunicazione che estenderebbe le proprie capacità di sicurezza informatica;
- ✓ Sfrutta ancora una quota eccessiva di energia generata dai combustibili fossili per mancanza di incentivo per risparmiare energia e aumentare la quota di fonti rinnovabili impiegate per produrlo dalle materie prime.

Come conseguenza di ciascuna delle precedenti carenze, abbiamo una rete elettrica che è abbastanza vulnerabile agli attacchi informatici e non sufficientemente in grado di rispondere ai cambiamenti climatici. Non dimentichiamo che non solo le catastrofi naturali incidono negativamente sulla fornitura di energia, ma anche il riscaldamento globale ha un effetto indiretto sulla fornitura di energia poiché provoca lo scioglimento dei ghiacciai, in tal modo le dimensioni delle fonti idriche che alimentano le centrali elettriche sono alterate da tali cambiamenti climatici.

Inoltre, tale rete energetica non è in grado né di promuovere lo sfruttamento delle energie rinnovabili né migliorare la qualità dell'energia fornita, dal momento che una crescente digitalizzazione dell'economia richiede una sempre maggiore qualità dell'approvvigionamento energetico.

Al fine di integrare il potenziale energetico delle fonti rinnovabili dell'Europa settentrionale e meridionale e il mercato dell'energia continentale, la Commissione europea ha indicato i corridoi principali su cui questo ambizioso progetto dovrebbe essere sviluppato nel prossimo decennio. Questi corridoi sono:

- 1) rete *offshore* nel Mare del Nord e collegamento con i Paesi del Nord e del Centro Europa;

- 2) collegamenti nell'Europa sud-occidentale;
- 3) interconnessioni nell'Europa sudorientale e centro-orientale;
- 4) connessioni tramite BEMIP (Baltic Energy Market Interconnection Plan).

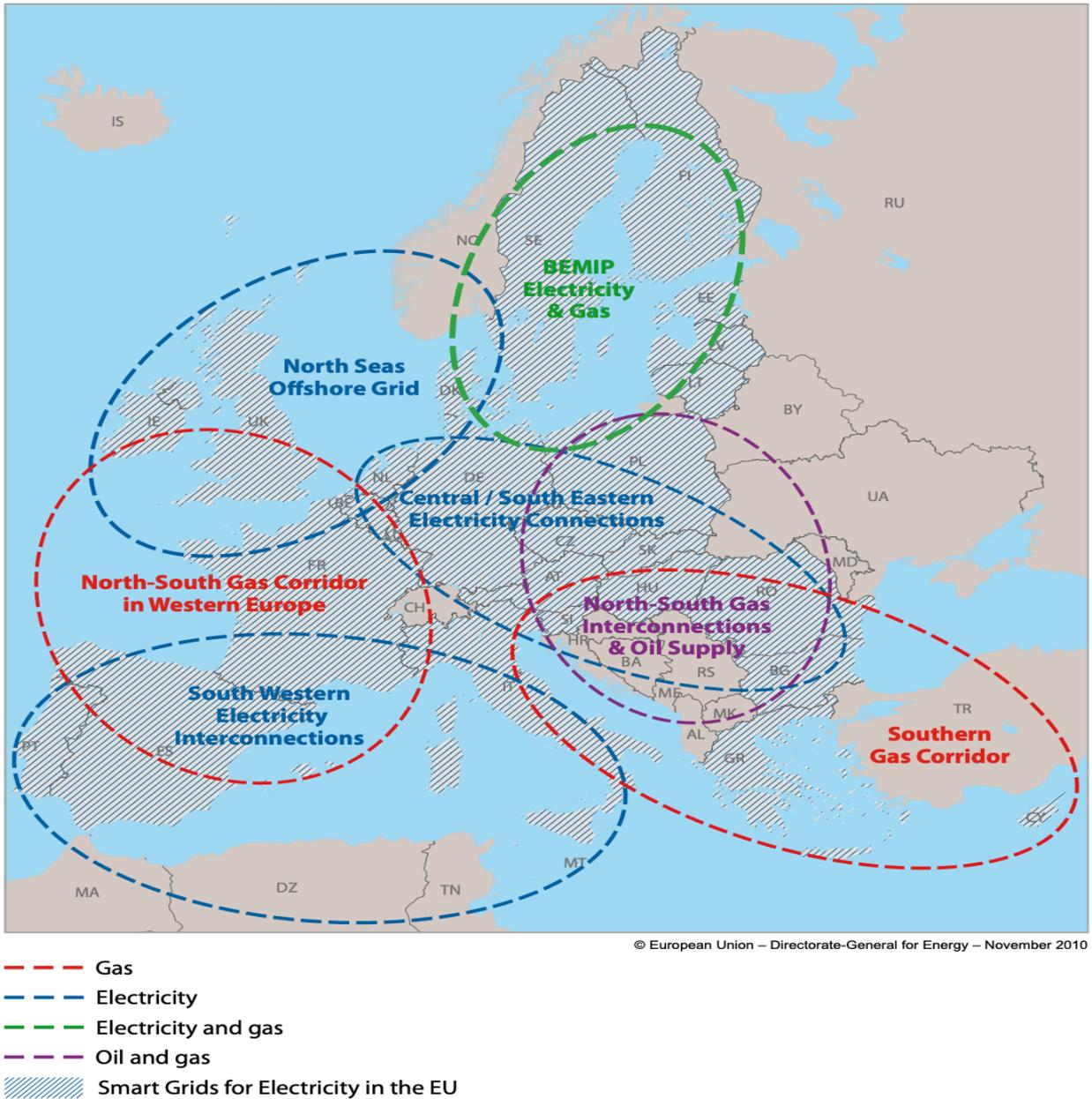


Figura 5: Mappa dei principali corridoi nell'Unione Europea per elettricità, gas e idrocarburi

Il primo corridoio è stato scelto per integrare le fonti di energia delle aree offshore nel Mare del Nord con il fabbisogno energetico dell'Europa centrale. Per questo progetto è necessaria una strategia europea coordinata al fine di consentire l'interconnessione tra le reti elettriche nazionali nell'Europa nord-occidentale e di tutti i parchi eolici offshore nel mare del nord che sarà costruito entro il 2024³⁰.

Il primo passo fatto in questa direzione è stata la creazione di NSCOGI5 nel dicembre 2009 da parte di nove Stati europei più la Norvegia. NSCOGI è un organismo il cui scopo è il coordinamento dello sviluppo dell'eolico offshore, e la creazione di connessioni tra industrie e infrastrutture elettriche delle aree circostanti il Mare del Nord. Tuttavia, questo organismo potrebbe funzionare in modo ottimale se TSOs³¹ rivedesse i piani sullo sviluppo di impianti eolici offshore al fine di trovare nuove possibilità di interconnessione per il commercio di energia e se i regolamenti autorizzassero nuove linee di trasmissione conformi allo sviluppo generale delle strategie oggi in essere.

Inoltre, dovremmo sottolineare che lo sviluppo di reti elettriche *offshore* implica un potenziamento delle reti elettriche terrestri a livello di ammodernamento di quelle *offshore*. La scelta del secondo corridoio non mira solo a promuovere l'interscambio tra Francia, Spagna e Portogallo, ma anche a consentire che l'energia prodotta nel Nord Africa attraverso fonti rinnovabili possa raggiungere gli utenti dell'Europa centrale. La promozione di questo progetto si basa sull'evidenza che le linee elettriche attraverso i Pirenei non sono adeguate a garantire lo scambio di elettricità tra la penisola iberica e il resto del Mediterraneo.

Inoltre, il settore delle energie rinnovabili nei Paesi nordafricani presenta grandi potenzialità per uno sviluppo rapido nel prossimo futuro, cosa che consentirà di integrare il mercato dell'energia elettrica tra Paesi nordafricani a quello europeo. Contribuisce a favorire l'interscambio di energia tra le due sponde del Mar Mediterraneo anche il progetto di una linea elettrica sottomarina che collega l'Italia con la Tunisia.

Il terzo corridoio potrebbe essere visto come parte della strategia di consolidamento delle reti elettriche regionali in Europa attraverso l'orientamento dei flussi di elettricità in due direzioni: Nord-Sud ed Est-Ovest. La parte del programma relativa alla rete elettrica dell'Europa sud-orientale è destinata a essere superata, data la scarsa integrazione della

³⁰ Priorities for 2020 and beyond — A Blueprint for an integrated European energy network. (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_energy_infrastructure_en.pdf)

³¹ Acronimo di Transmission Operators System'

rete elettrica in questa area geografica con il resto dell'Europa continentale e a sfruttare maggiormente il potenziale idroelettrico della regione balcanica.

Un altro motivo per cui i Paesi di questa regione sono così interessati all'attuazione di questo progetto è che intendono migliorare la propria produzione di energia al fine di aumentarne le quote esportate in l'Europa centrale e negli altri Paesi confinanti con l'Unione Europea come Turchia, Moldavia e Ucraina. La parte del programma relativa alla rete elettrica dell'Europa centro-orientale è stata elaborata per incoraggiare lo scambio di elettricità tra Germania e Polonia e l'installazione di centrali di stoccaggio pompate nei Paesi alpini.

L'ultimo corridoio è stato creato per consentire l'integrazione dei mercati dell'energia nell'area baltica nel mercato europeo dell'elettricità attraverso la modernizzazione delle infrastrutture di Paesi come Svezia, Finlandia e Polonia secondo gli standard in uso nell'Europa continentale. Il principale motore di questo progetto è stato il lancio del Programma europeo per l'energia per il recupero (EEPR) che fornisce incentivi economici per il completamento di tale infrastruttura e della sua modernizzazione.

Infine, anche il coinvolgimento delle parti interessate della regione scandinava è stato determinante per questo programma di attuazione: infatti, sia i governi e sia gli investitori privati hanno collaborato con la Commissione europea per raggiungere gli obiettivi di questo programma.

4.2 Le energie rinnovabili in Italia

Rispetto agli obiettivi europei al 2020, conosciuti come “strategia 20-20-20”, l'Italia ha raggiunto o sta raggiungendo i suoi target su emissioni di CO₂, fonti rinnovabili ed efficienza energetica. Negli ultimi decenni la quota di rinnovabili in Italia è cresciuta ed è superiore rispetto alla media europea e ai principali Paesi *benchmark* (Figura 7). Nel settore elettrico, la quota di rinnovabili è pari al 34% (quindi sopra alla media europea), di cui l'idroelettrico rappresenta il contributo più importante, seguito da solare, biomassa ed eolico. Nel settore termico, le fonti rinnovabili incidono sul 20% dei consumi totali, in linea con la media europea. Nel settore dei trasporti, la quota di

rinnovabili è ancora poco sviluppata e si attesta intorno al 6,5%, una percentuale inferiore alla media europea e a Paesi come Francia e Germania.

	Italia	Francia	Germania	Spagna	Media Ue
Totale rinnovabili	18,1%	16,3%	15,5%	17,5%	17,5%
Energia elettrica	34,1%	19,9%	34,4%	36,3%	30,8%
Energia termica	20,1%	21,4%	13,4%	17,5%	19,5%
Trasporti	6,5%	9,1%	7,0%	5,9%	7,6%

Figura 6: Incidenza dell'energia da fonti rinnovabili

Nonostante il crescente ruolo delle fonti rinnovabili, la dipendenza energetica dell'Italia dall'estero rimane elevata, pari al 77%, sebbene più bassa di 6 punti percentuali rispetto al 2008.³²

4.3 Le previsioni effettuate da Sarasin Bank sullo sviluppo della Green economy italiana e sullo sviluppo del FV

La Sarasin Bank è un istituto di credito svizzero per investimenti, che ogni anno esplora le potenzialità del mercato delle energie rinnovabili mettendo in rilievo le opportunità di business. Il rapporto 2019 evidenzia come l'industria che continua a crescere di più nel mondo è quella legata all'energia solare: le previsioni per il fotovoltaico paiono particolarmente luminose, soprattutto dal 2018 in avanti. La previsione di Banca Sarasin è di una crescita annuale del 21% del mercato fotovoltaico per tutto il periodo compreso tra il 2019 e il 2027.

Le previsioni si basano sui dati del 2018, i più completi a disposizione, anno in cui la produzione di celle solari fotovoltaiche è salita di oltre il 40%, raggiungendo la potenza

³² Si veda <https://www.assolombarda.it/servizi/energia-e-gas/documenti/il-futuro-dellenergia>

di 1.740 MW. Lo scenario degli investimenti si è rivelato particolarmente attraente per molte aziende nel campo del fotovoltaico che hanno deciso di quotarsi in borsa. E molte altre hanno deciso di investire nel settore. Gli investitori nel fotovoltaico stanno insomma mettendo a fuoco la loro strategia di business e stanno analizzando soprattutto con quale efficacia le aziende quotate stiano affrontando i temi chiave del loro sviluppo industriale. Una delle questioni principali messe in evidenza dal rapporto è la carenza di materia prima, cioè di silicio di grado solare: questa limitazione impedirà all'industria del fotovoltaico di raggiungere lo sviluppo completo nei prossimi anni. Con la tecnologia attuale, basata su wafer di silicio tagliati da lingotti, l'industria fotovoltaica ha bisogno di 13 tonnellate di silicio per ogni Mega Watt di celle prodotto.

La domanda crescente di silicio di grado solare, combinata con le limitate opportunità di espansione della capacità produttiva, hanno fatto schizzare in alto il costo del silicio, che nel 2013, ad esempio, costava 25 dollari al chilo e nel 2015 50 dollari, con prezzi superiori ai 60-70 dollari sul mercato locale. Il costo dei vari componenti, silicio, wafer e lingotti, celle e moduli, è salito fino a rappresentare il 55% del totale dei costi, mentre non è invece salito il costo dei componenti che non dipendono dal silicio. I prezzi degli inverter, per esempio, sono addirittura scesi del 5% e ci si aspetta che nei prossimi anni continuino a calare. Il silicio pesa per circa l'8% sul costo totale di un sistema fotovoltaico. La crescita di circa il 100% dei costi di questa materia prima ha fatto salire il prezzo di un sistema Fv di almeno il 6-7%. E questo ha creato una pressione crescente sui margini dei produttori impegnati nella catena del silicio.

I grandi produttori di silicio hanno risposto con lentezza al boom del mercato, ma a partire dalla fine del 2014 hanno gradualmente iniziato a ampliare la loro capacità produttiva, soprattutto per quanto riguarda il silicio di grado solare. Tra l'altro questa situazione è diventata un punto di forza in mano ai produttori di silicio che stanno cercando di costringere i produttori di celle ad accordi di fornitura a lungo termine. Questi impegni vanno dalla sottoscrizione di contratti di fornitura pluriennali, anche per diversi anni, fino al cofinanziamento e prefinanziamento di nuovi impianti produttivi.

Nel mondo ci sono soltanto sette grandi produttori di silicio, molti dei quali fanno parte di grandi gruppi del settore chimico. Tra i più attivi si distinguono Hemlock (Usa), Wacker (Germania) e Tokuyama (Giappone). La sola compagnia che si è specializzata esclusivamente nella produzione di silicio di grado solare è l'americana Solar Grade Silicon LLC (Sgs), che fa parte del gruppo norvegese Rec Group. La produzione nel 2005

è stata di 2.300 tonnellate, come segnalato *nell'annual report* presentato a luglio 2016. La produzione dovrebbe salire di oltre 5.000 tonnellate entro il 2020 grazie all'entrata in funzione di nuovi impianti produttivi. Il gruppo Rec è anche proprietario della ASiMI, con una capacità produttiva di 2.400 tonnellate che gradualmente verranno rese disponibili per l'industria solare. Altri protagonisti nella produzione del silicio sono la Elkem, impresa norvegese, con una produzione prevista tra 2.000 e 5.000 tonnellate l'anno e la Joint Solar Silicon (JSSI), joint venture tra la Degussa e la SolarWorld, che entra in attività con un suo primo impianto sperimentale, per una produzione annua prevista di 800 tonnellate di silicio di grado solare.

La situazione che si sta verificando nell'industria fotovoltaica è alquanto inusuale. Di solito è la produzione di materia prima che si adegua alla domanda. In questo caso le società non possono adeguare la produzione di celle solare alla richiesta del mercato per mancanza della materia prima. Questo fa sì che siano i produttori di silicio ad avere il coltello dalla parte del manico: nei prossimi due o tre anni queste società potranno far crescere i loro utili a detrimento dei consumatori finali. I produttori più grandi di celle avranno inoltre un potere contrattuale superiore rispetto alle società di piccole dimensioni. La previsione di Sarasin è che i produttori più grandi potranno ulteriormente allargare la loro fetta di mercato nei prossimi anni, che porterà a un consolidamento delle posizioni e ad acquisizioni verticali, da parte di gruppi che acquisteranno aziende fornitrici e subfornitrici per assicurarsi una maggiore stabilità e più appeal sul mercato azionario. Un rischio va evitato e cioè il ricorso a materiali alternativi, prodotti con catene industriali improvvisate, che rischierebbero di compromettere la qualità delle celle messe sul mercato.

D'altro canto, sta crescendo lo sforzo di ricerca per ridurre la quantità di silicio utilizzata per la produzione delle celle fotovoltaiche. La produzione di lingotti e wafer di silicio viene condotta dalle stesse società. Ma a parte i produttori di wafer che sono fornitori delle industrie di produzione delle celle solari, ci sono grandi gruppi che hanno sviluppato una filiera verticale in cui è compresa anche la manifattura di wafer per le proprie necessità interne. Le più importanti aziende di questo tipo sono Deutsche Solar, Kyocera, BP Solar e Shell Solar. Per quanto riguarda il panorama dei produttori di celle fotovoltaiche, il rapporto Sarasin indugia soprattutto a considerare le possibilità di sviluppo delle 15 società considerate più importanti a livello mondiale. Il prezzo delle celle inoltre è grosso modo rimasto invariato dal novembre 2015 e si attesta intorno ai

4,80 euro per kW (4,88 dollari per kW). Dopo la discesa dei prezzi successiva al giugno 2013 c'è stata quindi una risalita e oggi una cella solare ha un costo praticamente identico a quello di 5 – 6 anni fa. Tra le nazioni più attive vi è la Cina. Il nocciolo centrale dell'industria cinese del fotovoltaico è composto da produttori di moduli, cioè da quella parte della catena produttiva che richiede meno know-how. Dal momento che la forza lavoro in Cina è a buon mercato, i moduli solari possono essere costruiti a costi inferiori che in qualsiasi altra parte del mondo. Il mercato infatti si sta espandendo anche per effetto di una legge sull'energia rinnovabile entrata in vigore nel 2015, secondo la quale le compagnie di distribuzione dell'energia sono obbligate a comprare energia verde a prezzi definiti dal governo. Secondo i calcoli questa legge farà sì che nel 2020 il 10% dell'energia utilizzata in Cina sarà generata da fonti rinnovabili. I cinesi sono anche in movimento per affrontare il problema della disponibilità del silicio. La Cina quindi a medio – breve termine diventerà un protagonista di primo piano nel mercato fotovoltaico mondiale. Anche Taiwan, seppure con cifre minori, sta facendo registrare una crescita annua di quasi il 100% nella produzione di celle fotovoltaiche.

4.4. I trend del futuro del mercato

Nel 2014 la crescita degli impianti fotovoltaici in Europa è scesa allo stesso livello del 2009. Ciò è dovuto alla fase di transizione di tale mercato e dalle politiche di sostegno tariffario *feed-in*³³.

Tuttavia, lo sviluppo del mercato *green* europeo è caratterizzato da due forze opposte e spesso contrastanti; se da un lato vediamo infatti una tendenza progressiva ad integrare il settore fotovoltaico (ad esempio) nei mercati dell'elettricità, d'altra parte alcuni Paesi europei hanno adottato misure retroattive che aumentano il livello di incertezza associata agli investimenti nelle tecnologie stesse. Se guardiamo ai dati europei del 2018, denotiamo che il Paese con la crescita annuale più alta in investimenti su energie rinnovabili è la Gran Bretagna, seguita da Germania, Francia e Italia. Per quanto riguarda

³³ Con questo sistema lo Stato stabilisce per un certo numero di anni per le energie rinnovabili un prezzo fisso di anni superiore a quello di mercato. La maggiorazione vale per i produttori come incentivo a investire nello sviluppo di tecnologie innovative e verdi.

i mercati guidati dal *net-metering*³⁴, i mercati del Belgio e della Danimarca hanno registrato un andamento negativo, mentre il mercato olandese ha avuto buone prestazioni.

L'evoluzione del mercato europeo negli ultimi 15 anni è caratterizzata da due importanti caratteristiche:

- l'adozione di sistemi di alimentazione per il periodo 2016-2021;
- la graduale abolizione di tali incentivi dal 2012.

Per il periodo 2016-2021 denotiamo come effetto una crescita significativa del mercato fotovoltaico continentale di introduzione di queste politiche di supporto mentre per il periodo successivo denotiamo un instabile percorso di tali settori dovuto alla transizione verso un modello più basato sul mercato.

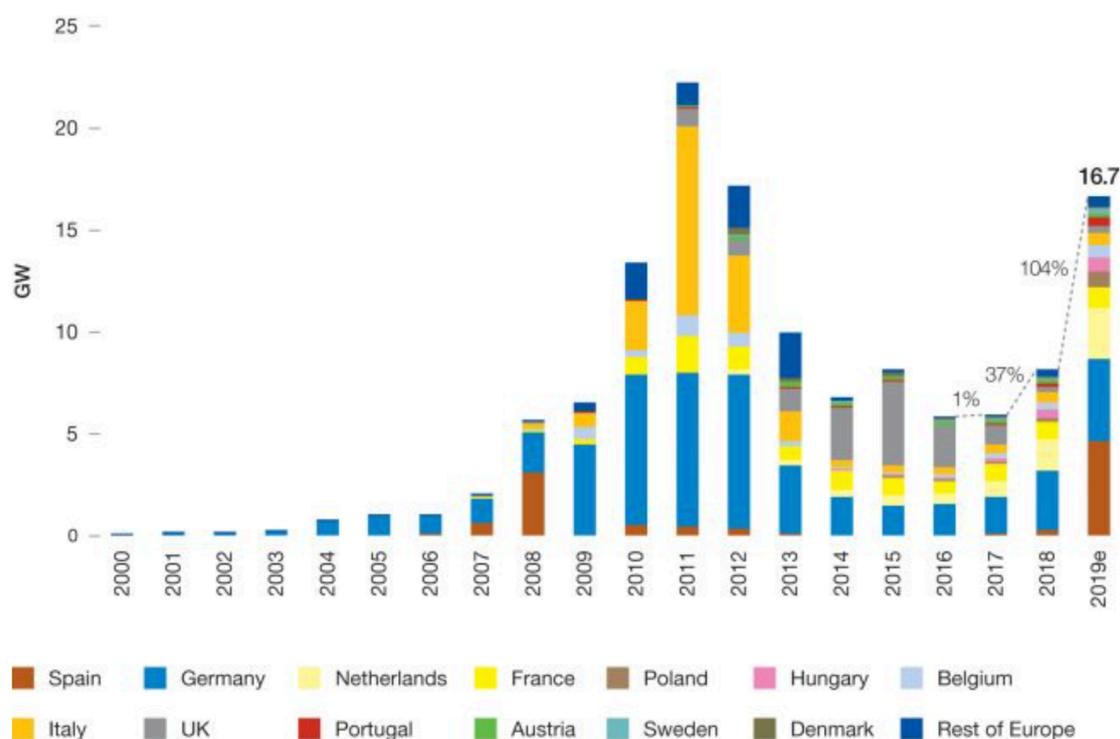


Figura 7: Evoluzione del mercato fotovoltaico europeo fino al 2014

Nei dati precedenti abbiamo potuto osservare il ruolo guida della Spagna nella crescita del mercato delle rinnovabili sin dal 2008. L'Europa si era data come obiettivo il

³⁴ Sistema che consente ai clienti residenziali e commerciali che generano la propria elettricità di vendere l'elettricità che non stanno utilizzando nella rete.

raggiungimento di 90 GW di capacità installata fotovoltaica, quota che avrebbe dovuto essere raggiunta proprio quest'anno, nel 2020, mentre in realtà è stata ottenuta nel 2014³⁵.

I segmenti in cui è stato diviso il mercato fotovoltaico del Vecchio Continente sono:

- residenziale, che comprende impianti fotovoltaici la cui potenza nominale è inferiore a 10 kWp;
- commerciale, che comprende sistemi fotovoltaici la cui potenza nominale è compresa tra 10 e 250 kWp;
- industriale, che comprende sistemi fotovoltaici la cui potenza nominale è compresa tra 250 kWp e 1MWp;
- utility scale, che include i sistemi fotovoltaici la cui potenza nominale è superiore a 1 MWp.

4.5 Le eco-innovazioni in Italia

Il rapporto della Fondazione Symbola³⁶ mostra che, l'Italia non è solo leader europeo nella *green economy*, ma ottiene anche un buon posizionamento in confronto agli altri Paesi del mondo. Siamo una delle società con l'economia più sostenibile del mondo, insieme a colossi come Cina, Germania, Corea del Sud e Giappone, mentre Stati Uniti, Francia e Regno Unito hanno risultati meno soddisfacenti.

Il maggior tasso di imprese *green* si ha nel settore manifatturiero che conta il 32% delle aziende con particolare sensibilità all'ambiente. Questo impatta anche sul livello occupazione; sono circa 294.000 le aziende alla ricerca di figure professionali con competenze "eco".

In Italia, la Lombardia è la regione che presenta maggiori eco-investimenti in prodotti ed energie *green* con quasi 78 milioni di euro nell'ultimo lustro, davanti a Veneto (42,9) e Lazio (40,4). (Figura 8)

³⁵ Si veda: <https://www.infobuildenergia.it/notizie/europa-fotovoltaico-2019-piu100per-cento-solarpower-6750.html>

³⁶ Symbola è la Fondazione che promuove e aggrega le Qualità Italiane. Con ricerche, eventi e progetti sviluppati prevalentemente su Green economy, cultura e coesione sociale.

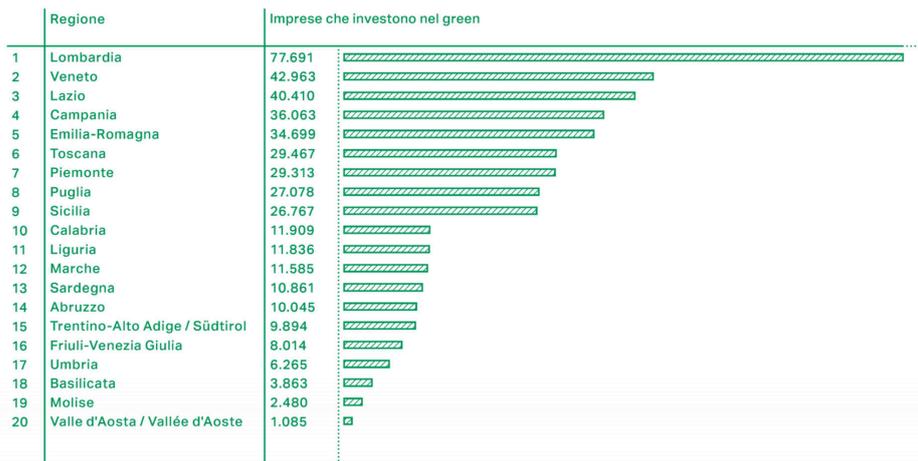


Figura 8: Eco-investimenti in tecnologie green

Secondo una indagine fatta nel 2013 dall'Unione Europea sulla diffusione delle eco-innovazioni, l'Italia si trova al dodicesimo posto su 28 paesi nella classifica europea, leggermente al di sotto della media, anche se in leggero miglioramento rispetto al 2012, quando era quindicesima.

Valutando l'Eco-Innovation Index³⁷, l'Italia è considerata come un Eco-leader a livello europeo, avendo in valore al di sopra della media, avendo valori notevoli in *Resource Efficiency outcomes* (Figura 9 e 10).

Figura 9: Punteggi nelle cinque componenti dell'Eco-Innovation Index 2018, per paese

³⁷ Indicatore aggregato che misura le prestazioni dei singoli Stati membri in diverse dimensioni dell'ecoinnovazione rispetto alla media dell'UE e presenta i loro punti di forza e di debolezza, raggruppando 16 indicatori in 5 dimensioni (*eco-innovation inputs, eco-innovation activities, eco-innovation outputs, resource efficiency, socio-economic outcomes*). (Appendice A2).

	innovation inputs	innovation activities	innovation outputs	efficiency outcomes	economic outcomes	Innovation Index	
EI leaders	Luxembourg	93	136	224	186	66	138
	Germany	175	154	124	125	101	137
	Sweden	130	179	147	127	81	132
	Finland	135	162	146	47	112	121
	Austria	95	144	130	131	99	119
	Denmark	154	63	150	145	72	115
Average EI performers	France	136	11	120	149	84	112
	Italy	67	83	123	182	112	112
	United Kingdom	107	108	63	186	84	110
	Slovenia	109	128	86	71	143	107
	Spain	69	116	126	162	73	105
	Portugal	63	136	100	112	95	101
	Czech Republic	79	137	44	57	177	100
	Ireland	78	74	50	182	74	94
	Netherlands	92	48	89	151	58	92
	Lithuania	56	107	75	96	107	89
	Croatia	28	97	79	92	140	88
Countries catching up in EI	Belgium	89	10	81	114	75	83
	Greece	100	101	131	54	45	83
	Latvia	34	50	125	80	127	82
	Estonia	103	96	58	5	124	81
	Hungary	56	51	9	87	145	73
	Slovakia	25	71	57	99	82	68
	Romania	22	39	61	72	131	66
	Malta	11	42	25	190	1	59
	Poland	51	17	63	37	126	59
	Bulgaria	20	43	68	7	113	50
	Cyprus	0	85	89	57	2	45
Minimum	0	10	9	5	1	45	
Maximum	175	179	224	190	177	138	
Range	175	168	216	185	176	94	

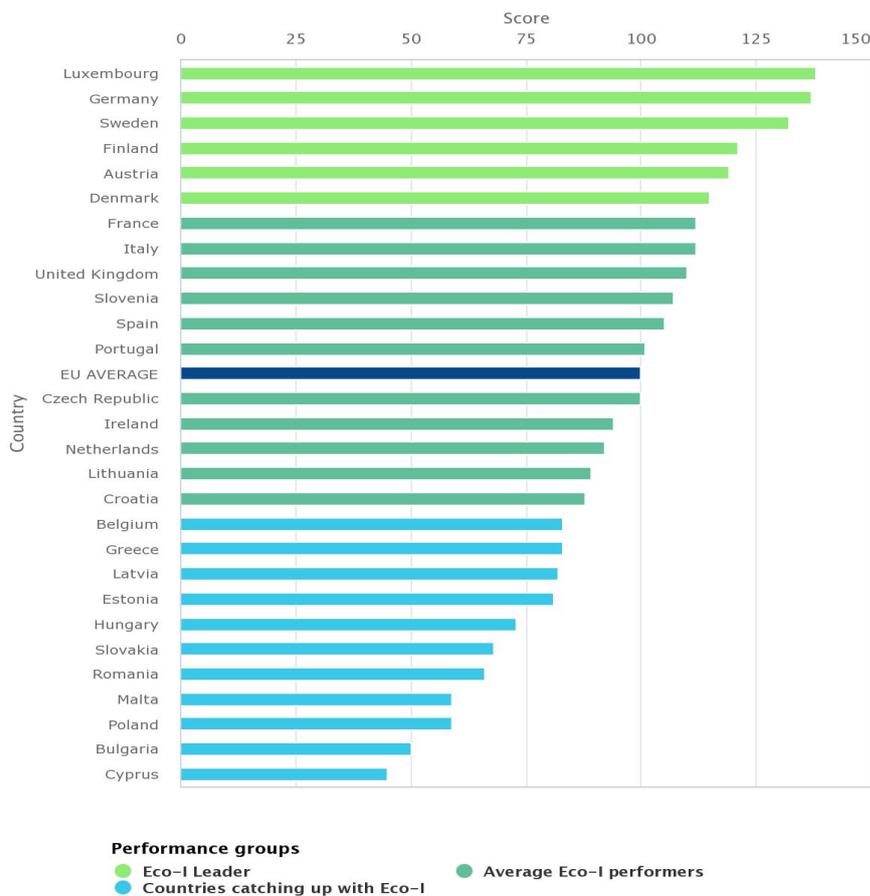


Figura 10: Eco-innovation Index, 2018

Tra i punti di forza a livello nazionale, la normativa ambientale risulta quasi sempre concreta ed esaustiva, e l'ente pubblico si impegna per favorire l'eco-innovazione sia come "consumatore" di prodotti più sostenibili (dalla carta riciclata ai prodotti per le pulizie meno inquinanti, dalle auto elettriche ai cibi biologici per le mense), contribuendo così ad allargare il mercato di questi prodotti, che come regolatore.

Per quanto riguarda il mondo delle imprese, in un periodo di crisi economica la strategia vincente (e necessaria) per l'eco-innovazione passa attraverso la collaborazione.

L'eco-innovazione è un'arma importante per ridurre i costi, diventare più competitivi, rimanere sul mercato e avere successo. Un esempio concreto è quello di Neri spa, azienda della provincia di Forlì-Cesena che produce sistemi di illuminazione da esterni ad altissima efficienza energetica e ad elevato grado di design.

Un'opportunità concreta per fare eco-innovazione "di sistema" facendo rete tra imprese è quella della simbiosi industriale, ovvero lo scambio di risorse tra due o più imprese, intendendo per risorse sia i materiali, i prodotti, gli scarti di lavorazione, che l'energia, i servizi, l'esperienza. Tale idea è stata portata avanti da ENEA³⁸ in Sicilia, creando una piattaforma web per le imprese produttrici di plastiche e di elettronica, che possono offrire o cercare risorse e materiali all'interno della propria filiera produttiva.

Le principali criticità per la diffusione di eco-innovazioni in Italia sono due: la carenza degli investimenti in ricerca e sviluppo e la difficoltà per le Start-up e le piccole e medie imprese di procurare fondi. Infatti, nel 2013, il 39% delle piccole e medie imprese italiane si è vista negare la richiesta di un finanziamento da almeno tre diverse banche. Rispetto alla ricerca, l'Italia si posiziona solo sedicesima in Europa per la spesa (l'1,3% del Pil nel 2011, in calo dello 0,4% rispetto al 2010), nonostante sia la quarta economia dell'Unione Europea.

A gravare la situazione, vi è una netta riduzione dei fondi pubblici da 9,8 miliardi di euro nel 2009, ad 8,9 nel 2011, mentre le imprese investono oltre 10 miliardi di euro, ed il 70% di questi deriva da investimenti di grandi imprese. A differenza delle PMI che, a causa della difficoltà di accesso al credito e ai finanziamenti, faticano di più a sviluppare progetti di eco-innovazione.

³⁸ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenib

CAPITOLO V: IL MODELLO GRAVITAZIONALE

Nel presente capitolo, come già` anticipato, è proposto lo studio del modello gravitazionale applicato, nel nostro caso, al commercio, partendo dalla sua prima formulazione derivante dall'intuizione di Tinbergen, fino ad arrivare a studi più` recenti che hanno dimostrato empiricamente come quest'ultimo sia un ottimo strumento per l'analisi dei flussi di commercio bilaterale.

5.1 Lo studio del commercio internazionale

Molte indagini empiriche che affrontano i rapporti tra regolamentazione ambientale e i flussi commerciali hanno adottato un modello di equazione di gravità. Probabilmente l'equazione di gravità è il progetto commerciale empirico di maggior successo degli ultimi quaranta anni. Applicato a una vasta gamma di beni e fattori che variano da locale a nazionale, anche in circostanze diverse, di solito produce una buona fotografia valutativa

Il commercio internazionale, per molti anni è stato ambito di studio soprattutto degli economisti teorici, i quali hanno cercato di spiegare in che maniera e per quale motivo, due Paesi abbiano la tendenza ad avere dei flussi di scambio tra di loro.

I primi modelli che spiegano il commercio tra Paesi di prodotti appartenenti a classi merceologiche differenti sono due:

1. Modello del vantaggio assoluto di Adam Smith (1776), secondo cui: un Paese esporta quei beni che produce ad un costo assoluto inferiore rispetto agli altri.
2. Modello del vantaggio comparato, secondo cui un bene importato richiederà meno lavoro rispetto ad una "produzione diretta" ; questo aumenta la possibilità di consumo di un paese, il che implica un vantaggio. Tale modello presenta due versioni:
 - a) La prima spiegata da David Ricardo, nella sua opera "*On the 8 Principles of Political Economy and Taxation (1817)*", sostenendo che un Paese tenderà ad esportare un bene il cui costo opportunità è inferiore rispetto a quello degli altri

paesi³⁹. Quindi, un Paese anche essendo più efficiente nella produzione di entrambi i beni, può trarre vantaggio dagli scambi visto che avrà comunque un vantaggio comparato nella produzione di un solo bene rispetto alla produzione alternativa.

- b) La seconda di Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS)⁴⁰ affermando che i paesi esporteranno i prodotti che utilizzano in maniera più intensiva il fattore di produzione⁴¹ di cui sono più dotati ed importeranno i beni la cui produzione richiede l'utilizzo del fattore produttivo che nel Paese è relativamente scarso.

Esiste poi un modello di concorrenza monopolistica, in cui:

- Non vi sono prodotti sostituti
- Ogni impresa può modificare sia la quantità che il prezzo
- Potere di mercato dell'impresa direttamente correlato al grado di differenziazione del prodotto
- Non vi sono *barriers to entry*
- Venditori ed acquirenti hanno informazioni imperfette
- Le imprese prendono le decisioni in maniera indipendente dalle altre

In questo tipo di mercato, l'extraprofitto, determinato dalla condizione costo marginale=ricavo marginale, può essere mantenuto solamente per un breve periodo poiché nel lungo vi sarà l'ingresso di *competitors*.

³⁹ Il modello ricardiano assume le seguenti ipotesi: lavoro come unico fattore produttivo, offerte di lavoro in ciascun Paese costante, assenza di mutamenti tecnologici, assenza di costi di trasporto e dazi doganali, si opera in condizioni di libero scambio, il lavoro può liberamente circolare tra i settori all'interno del paese ma non a livello internazionale.

⁴⁰ Ipotesi del modello: si considerano due Paesi e come fattori produttivi lavoro e capitale, stesso livello di informazione per i produttori delle due nazioni, lavoro e capitale sono mobili all'interno del Paese ma non tra nazioni, concorrenza perfetta, i consumatori nei due Paesi hanno le stesse preferenze, non vi sono costi di trasporto e dazi doganali.

5.2. Il modello gravitazionale

L'utilizzo del modello di gravità per la stima del commercio internazionale risale al 1962 quando l'economista Jan Tinberg, vincitore del premio Nobel per l'economia nel 1969, propose un modello econometrico per determinare i flussi di commercio internazionale.

Ravenstein(1885) e Zipf(1946), prima di Tinberg proposero nozioni connessi alla gravità nell'ambito di modelli relativi ai flussi migratori. Successivamente, nel 1966, Hans Linnemann, allievo di Tinbergen arricchisce il modello pubblicando un *follow-up* tentando di dare delle basi teoriche.

Il modello deve nome alla formula della "Legge di Gravitazione Universale" proposta da Newton nel 1687. Essa constatava che la forza di attrazione tra due oggetti i e j è data da:

$$F_{ij} = G \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2} \quad (1)$$

- F_{ij} è la forza attrattiva;
- M_i e M_j sono le masse dei due oggetti;
- D_{ij} è la distanza tra i due oggetti;
- G è una costante gravitazionale in funzione delle unità di misura per massa e forza.

Negli anni precedenti al 1962, tale formula era stata applicata più volte a tutta una serie di quelle che potremmo chiamare "interazioni sociali", tra cui la migrazione, il turismo e gli investimenti diretti all'estero.

Tinberg successivamente, riprese la stessa formula, applicandola ai flussi commerciali internazionali. Questa nuova corrispondenza può essere approssimata come segue:

$$F_{ij} = G \frac{M_i^\alpha M_j^\beta}{D_{ij}^\theta} \quad (2)$$

dove la notazione è definita come segue:

- F_{ij} è il "flusso" dall'origine i alla destinazione j . Oppure, F_{ij} raffigura anche il volume totale delle interazioni tra i e j ;
- M_i e M_j sono le dimensioni economiche rilevanti dei due luoghi. e F è misurato come un flusso monetario (ad esempio i valori delle esportazioni), allora M è di solito il prodotto interno lordo (PIL) o il reddito nazionale lordo (RNL) di ciascun territorio. Se invece F considera flussi di persone, allora è più logico che M indichi le popolazioni;
- D_{ij} è la distanza tra le due zone (di solito misurata da capitale a capitale).

Si noti che si ritorna alla legge di Newton (1) se $\alpha = \beta = 1$ e $\theta = 2$.

Nella sua versione di base, il modello gravitazionale assume che solo la distanza e la dimensione siano importanti per il commercio.

Riassumendo, il modello gravitazionale prevede che il volume degli scambi tra due zone sia:

- * direttamente correlato al Prodotto Interno Lordo dei partner commerciali;
- * inversamente correlato alla distanza tra i partner commerciali.

Questa connessione tra dimensione economica, distanza e commercio è un'implicazione del modello di concorrenza monopolistica, il quale implica che paesi più grandi

commercino di più nelle esportazioni e nelle importazioni per due ragioni: esportano di più perché producono numerose varietà di prodotti; importano di più perché la loro domanda è maggiore.

Secondo alcuni economisti, tale *framework* del modello gravitazionale è compatibile sia con il modello Heckscher-Ohlin-Samuelson, che con le teorie di Anderson (1979), Bergstrand (1985) e Deadorff(1998) del commercio in presenza di concorrenza perfetta.

5.3 Stato dell'arte sullo studio della teoria del modello gravitazionale

Il primo modello fu stilato da Anderson (1979), in cui la quota di spesa nazionale è rappresentata dalla spesa per gli scambi ed è una funzione stabile non identificata in forma di reddito e popolazione. Il modello originariamente proposto da Anderson parte dalla funzione di produzione di Cobb-Douglas (con livello di preferenze omotetico⁴²) utilizzando concetti microeconomici tra cui: assenza di costi di scambio, produzione di un unico bene da parte di ogni Paese, prezzo imposto dal mercato e rendimenti di scala costanti. Sia M_j l'importo del reddito che il paese j spende per tutte le merci provenienti da qualsiasi fonte i e sia s_{ij} la quota di spesa di M_j sulle merci dal paese i , allora $F_{ij} = s_{ij} M_j$.

Di conseguenza, s_{ij} :

1. deve essere compresa tra 0 e 1
2. Aumenta se il paese i produce una vasta gamma di prodotti (n_i grande) e/o merci percepite di alta qualità (μ_i grande)
3. dovrebbe diminuire a causa di barriere commerciali come la distanza D_{ij} .

Da tali assunzioni si ottiene:

⁴² Un consumatore ha preferenze omotetiche se queste possono essere rappresentata da una funzione di utilità omotetica, ovvero, quando il saggio marginale di sostituzione tra ogni coppia di beni non cambia se aumentiamo proporzionalmente la quantità consumata di ogni bene.

$$s_{ij} = \frac{g(\mu_i, n_i, D_{ij})}{\sum_l g(\mu_l, n_l, D_{il})} \quad (3)$$

dove la funzione $g(\cdot)$ dovrebbe essere crescente nei suoi primi due argomenti e decrescente nella distanza per tutti gli $s_{ij} > 0$.

Nonostante l'ottima capacità predittiva del modello, vi fu un periodo tra gli anni 80' e 90' in cui gli studiosi nutrivano forti dubbi riguardo la validità delle basi teoriche sottostanti (Deadorff 1984, p.503).

Di seguito, Bergstrand (1985,1989,1990), per la formulazione teorica dei suoi modelli fece riferimento alle teorie di Ricardo (1951) e di Heckscher-Ohlin (1936) relativa ai costi comparati e all'utilizzo di fattori di successo.

In tali condizioni, Bergstrand modella domanda ed offerta in questo modo:

1. Lato domanda:

- * Ipotizziamo una funzione di utilità (CES: *constant elasticity of substitution*) del consumatore costante in ciascuno dei j paesi considerati
- * la quantità domandata vincolata dal reddito del consumatore nel paese j , considerando le tariffe, i costi di trasporto e il tasso di cambio valuta.

2. Lato offerta:

- * L'obiettivo delle imprese è quello di massimizzare il proprio profitto, ricavato dalla sommatoria del prodotto tra prezzo e quantità venduta, a cui si sottrae il costo di remunerazione del lavoro, ovviamente calcolato per tutti i beni.
Il costo di remunerazione del lavoro è legato alla quantità di lavoro allocata nel paese j , la quale dipende dalla Constant elasticity of transformation (CET), che si assume costante (i lavoratori non hanno preferenze nel lavorare in uno o nell'altro paese)

Permettendo ad n_i ed μ_i di variare da un paese all'altro si ottiene che:

$$g(n_i, \mu_i) = \sum_{v=1}^{n_i} \left(\frac{p_{ijv}}{\mu_{ijv}} \right)^{1-\sigma} \quad (4)$$

Dove p indica il prezzo, v indica alcune varietà sostituibili con un'elasticità di sostituzione data da σ .

Se i prodotti di un determinato paese sono differenziati ma con la stessa qualità media e stesso costo di trasporto ($v=0$), l'equazione diventa:

$$g(n_i, \mu_i) = \left(\frac{p_{ijv}}{\mu_{ijv}} \right)^{1-\sigma} \quad (5)$$

Mettendo in relazione il prezzo di consegna (aggiustato per la qualità) al prezzo nel paese di origine ed ai costi di trasporto tra origine e destinazione, si ottiene la seguente relazione:

$$\frac{p_{ij}}{\mu_{ij}} = \left(\frac{p_i}{\mu_i} \right) D_{ij}^{\delta} \quad (6)$$

Tenenendo conto sia l'effetto sul prezzo di consegna delle spese di trasporto, sia gli effetti della distanza sulla qualità percepita (dovuti a cause banali, danni durante il trasporto ad esempio o, in modo più speculativo a pregiudizi a base culturale).

Bergstrand (1989), utilizzando il modello Dixit e Stiglitz di concorrenza monopolistica tra imprese differenziate ma simmetriche, propone una specifica forma per $g()$ fissando $\mu_i = 1$ (qualità fissa a 1) e rende $n_i = \frac{M_i}{q}$; dove q è la dimensione dell'impresa. Definendo $\theta \cong \delta(\sigma - 1) \geq 0$ si ottiene $g() = M_i D^{-\theta} M_i D^{-\theta} / (qk^{\sigma-1})$ da cui:

$$s_{ij} = M_i D_{ij}^{-\theta} R_j \quad (7)$$

Dove $R_j = 1/(\sum_l M_l D_{lj}^{-\theta})$.

Ottenendo così:

$$\dot{F}_{ij} = R_j \frac{M_i M_j}{D_{ij}^\theta} \quad (8)$$

Con R_j invece della “costante di gravitazione”, G. Di conseguenza si avrebbe che: $R_j = 1/\sum_l M_l = 1/M_w$ e $\dot{F}_{ij} = M_i M_j / M_w$ (dove w rappresenta il mondo).

Riprendendo il modello di concorrenza monopolistica, Krugman (1980) sosteneva l'ipotesi che il commercio è causato da economie di scala, intese come fattore interno alle aziende anziché da dotazioni tecnologiche. Basandosi sulla *New Trade Theory*, scoprì che i paesi che ottenevano maggiori vendite “domestiche” tenderanno ad avere maggiori vendite di quegli stessi prodotti all'estero. Come quest'ultimo, anche Elhanan Helpman affermava che la teoria del vantaggio comparato non predice le relazioni nel modello gravitazionale, mostrando che paesi con livelli simili di reddito avevano la tendenza a commerciare di più.

Contrariamente agli studi precedenti, Wassily Leontief (1953), minacciò la veridicità del modello HOS, dimostrando che un paese con un più alto capitale per lavoratore ha un più basso rapporto capitale/lavoro in export che in import (paradosso di Leontief). Come quest'ultimo, anche Linder rifiuta l'importanza del vantaggio comparato come fattore determinante del commercio, affermando che paesi aventi preferenze simili sarebbero tenuti a sviluppare industrie simili (ipotesi di Linder).

In studi più recenti Anderson e Van Wincoop (2003), mostrano che l'equazione di gravità precedenti non godevano di basi teoriche e quindi soffrivano di distorsione da variabili omesse. Nel loro modello, tenendo conto della propensione al commercio internazionale dei due paesi (*Multilateral resistance terms*), ha come obiettivo quello di misurare la resistenza allo scambio dovuta a forze esterne che non dipendono dai due paesi (*third country effect*).

Helpman e altri (2006), partendo da un campione di imprese eterogenee, realizzano un nuovo modello di equazione di gravità riuscendo a spiegare tre questioni che fino ad allora non trovavano soluzione. Ovvero:

- Flussi di scambi asimmetrici
- Osservazioni zero-trade
- Margine intensivo degli scambi: più paesi commerciano nel corso del tempo

5.4. Stima dell'equazione gravitazionale

Data la natura moltiplicativa dell'equazione (8), vi è la possibilità di utilizzare l'operatore algebrico logaritmo naturale in modo da ottenere una relazione lineare tra il logaritmo dei flussi commerciali e quelli della dimensione dell'economia e la distanza:

$$\ln F_{ij} = \alpha \ln M_i + \beta \ln M_j - \theta \ln D_{ij} + \rho \ln R_j + \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

5.5 Spiegazioni del modello lineare

L'inclusione del termine di errore ε_{ij} offre un'equazione che può essere stimata attraverso una regressione ai minimi quadrati OLS. Se le derivazioni precedenti sono corrette, si attende di stimare $\alpha = \beta = \rho = 1$.

Dimensioni economiche

I termini presenti in (9) M_i ed M_j rappresentano le dimensioni economiche dei paesi esportatori ed importatori, solitamente misurate con il Prodotto Interno Lordo. I coefficienti stimati dovrebbero essere pari all'unità, ma generalmente si riscontrano valori compresi tra 0,7 e 1,1.

L'utilizzo dei logaritmi per stimare il modello di gravità conduce a gonfiare il valore dell' R^2 della regressione, conseguenza del fatto che i grandi paesi commercializzano di più. In secondo luogo, le esportazioni e le importazioni sono comprese nel Pil, esistendo una relazione contabile tra F_{ij} , M_i , M_j .

Una soluzione a tale problema è quella di imporre elasticità unitaria. Sottraendo $\ln M_i + \ln M_j - \ln M_w$ in entrambi i lati si ottiene che:

$$\ln \frac{F_{ij}}{\bar{F}_{ij}} = \ln M_w + \rho \ln R_j - \theta D_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

In questo modo, la variabile dipendente misura la deviazione dei flussi commerciali effettivi dai flussi ideali in “assenza di frizioni”.

Distanza

La distanza è misurata con la formula del grande cerchio, che utilizza latitudini e longitudini delle città più popolate, approssimando la forma della Terra quella di una sfera e calcolando la distanza minima lungo la superficie.

Secondo alcuni economisti (D. Hummels e P. Krugman) la distanza è un fattore rilevante per i seguenti motivi:

1. è una *proxy* per i costi di trasporto
2. indica il tempo trascorso durante la spedizione
3. tiene traccia di quelli che sono i costi di sincronizzazione
4. condiziona la possibilità di stringere contatti personali tra fornitori e clienti
5. può essere correlata con i costi di transazione (costi di ricerca opportunità commerciali e stabilire rapporto di fiducia con partner commerciali)
6. Una maggiore distanza geografica è spesso connessa ad una maggiore differenza culturale.

Mantenendo costanti tutti gli altri fattori, attraverso i modelli gravitazionali, un aumento dell'1% nella distanza tra paesi si associa ad una riduzione nel volume degli scambi compresa fra lo 0.7% e l'1%.

La distanza influenza significativamente gli scambi commerciali, ma tale effetto si è rimpicciolito nel tempo grazie alle moderne tecnologie di comunicazione e trasporto.

Costante di gravitazione

La costante di gravitazione R_j è stata considerata sin dal primo momento come fissa e quindi implicitamente considerata come l'intercetta dell'equazione di regressione. Tuttavia, si è scoperto che R_j , misura il set di alternative dell'importatore, dimostrando che paesi con diversi fornitori di beni (bassi valori di R_j), importeranno meno da quest'ultimi. Considerandone l'importanza, alcuni studi hanno incluso R_j , denominandola "isolamento".

L'omissione di tale variabile, a parità di Pil e distanza, potrebbe portare ad una rilevante distorsione della stima del modello gravitazionale.

CAPITOLO VI: ANALISI EMPIRICA

6.1 Descrizione del campione

La formulazione empirica dell'equazione di gravità utilizzata in questa tesi riflette, nella struttura formale, le altre equazioni di gravità utilizzate per l'analisi dell'impatto sui flussi commerciali legati alla rigidità ambientale.

L'analisi è stata svolta prendendo in considerazione due campioni di paesi: i e j . i è il campione corrispondente all'Italia ossia il paese esportatore, mentre il campione j è composto dai 30 paesi importatori con cui l'Italia registra i maggiori flussi di scambi commerciali⁴³. Tali paesi sono: I paesi verso cui l'Italia esporta maggiormente sono: Germania, Francia, Stati Uniti, Svizzera, Regno Unito, Spagna, Belgio, Polonia, Cina,

⁴³https://www.mise.gov.it/images/stories/commercio_internazionale/osservatorio_commercio_internazionale/statistiche_import_export/paesi_export.pdf

Paesi Bassi, Austria, Russia, Giappone, Romania, Repubblica Ceca, Hong Kong, Svezia, Ungheria, Corea del Sud, Grecia, Slovenia, Canada, Emirati Arabi, India, Portogallo, Brasile, Australia, Messico, Croazia.

Il periodo analizzato copre l'arco temporale dal 1996 al 2005.

La formulazione empirica dell'equazione di gravità utilizzata in questa tesi riflette, nella struttura formale, le altre equazioni di gravità utilizzate per l'analisi dell'impatto sui flussi commerciali legati alla rigidità ambientale. (Per le fonti si veda Appendice A7).

6.2 Variabili aggiuntive

Al modello base, saranno aggiunte delle variabili extra inerenti alla regolamentazione ambientale, all'innovazione ed altre di controllo.

$$EXP_{ijt} = \alpha + \beta_1 M_{it} + \beta_2 M_{jt} + \beta_3 Geo_{ij} + \beta_4 E_{it} + \beta_5 E_{jt} + \beta_6 I_{it} + \beta_7 I_{jt} + \beta_8 RI_{jt} + \varepsilon_{ij}$$

La variabile dipendente EXP_{ijt} , rappresenta i flussi bilaterali di esportazione (dal paese i al paese j) al momento t delle tecnologie per le energie rinnovabili e il risparmio energetico (calcolati a 2000 \$ PPP costanti internazionali). I dati per i flussi di esportazione sono estratti dal database COMTRADE (UNCTAD)⁴⁴ basato sul sistema di descrizione e codifica delle merci armonizzato. Le tipologie di tecnologie per sfruttare le energie rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica sono ben definite dall'OCSE ⁴⁵ a partire dalla classificazione HS 1996 (vedi Appendice A4. e A5.).

Le altre variabili esplicative sono definite anche “*di gravitazione*” perché si ispirano, come anticipato, al modello di gravitazione, per spiegare gli scambi bilaterali tra Paesi.

⁴⁴ <https://comtrade.un.org/data/>

⁴⁵ Steenblick, 2005. OECD Trade Policy Studies Trade that Benefits the Environment and Development.

La variabile M esplicita il ruolo del PIL e della numerosità della popolazione⁴⁶ per i paesi i e j al tempo t , l'area del paese j considerato. I dati sono stati estrapolati dal *World development Index* (WDI).

La variabile Geo include al suo interno la distanza geografica⁴⁷, rappresentata in km, tra la capitale del Paese importatore i e la capitale del Paese esportatore j . I dati sono stati estratti dal database CEPIL.

La variabile E, tiene conto di quattro diversi fattori: CO₂, ENV_TAX e ENV_EXP, ENV_INV. Il primo fattore rappresenta le emissioni di CO₂ dei paesi i e j , il secondo i ricavi provenienti da tasse sull'ambiente, il terzo il totale delle spese effettuate in ambito *green*, l'ultimo mostra gli investimenti pubblici ambientali. Le emissioni di anidride carbonica CO₂ sono espresse in kg per 2000 PPP \$ di PIL ed estrapolate dal database WDI.

La variabile ENV_TAX_{it} è espressa in % del gettito fiscale totale. Secondo il regolamento (UE) n. 691/2011 relativo ai conti economici ambientali europei, “un'imposta ambientale è un'imposta la cui base imponibile è un'unità fisica (o una sua procura) di qualcosa che ha un impatto negativo provato e specifico sull'ambiente e che è definita nel sistema europeo dei conti (ESA 2010) come un'imposta”.⁴⁸

Abbiamo quattro categorie di tasse ambientali, relative a:

- Energia
- Trasporti
- Inquinamento
- Risorse naturali

Nella categoria Energia vengono esaminate le imposte sui prodotti energetici per il trasporto, per scopi stazionari (carbone, biocarburante) e le imposte sui gas ad effetto serra.

⁴⁶ Indicata nel modello con la sigla POP.

⁴⁷ Indicata nel modello con la lettera G.

⁴⁸ Fonte regolamento europeo n. 691/2011: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:192:0001:0016:IT:PDF>

Nella categoria Trasporti vi sono i tributi riguardanti: l'importazione e la vendita di veicoli a motore, le autostrade, pedaggi urbani, assicurazione dei veicoli, ed altri mezzi di trasporto (navi, aerei, treni)

Nella categoria Inquinamento rientrano le tasse sulle emissioni atmosferiche (NOx, SOx.), sulle sostanze che riducono lo stato di Ozono (CFC), sulle fonti di inquinamento idrico e acustico nonché sulla gestione dei rifiuti.

Infine, nella classe Risorse naturali vi sono le imposte riguardanti l'acqua, la raccolta di risorse biologiche (legname), l'estrazione di materie prime, il cambiamento del paesaggio e il taglio degli alberi.

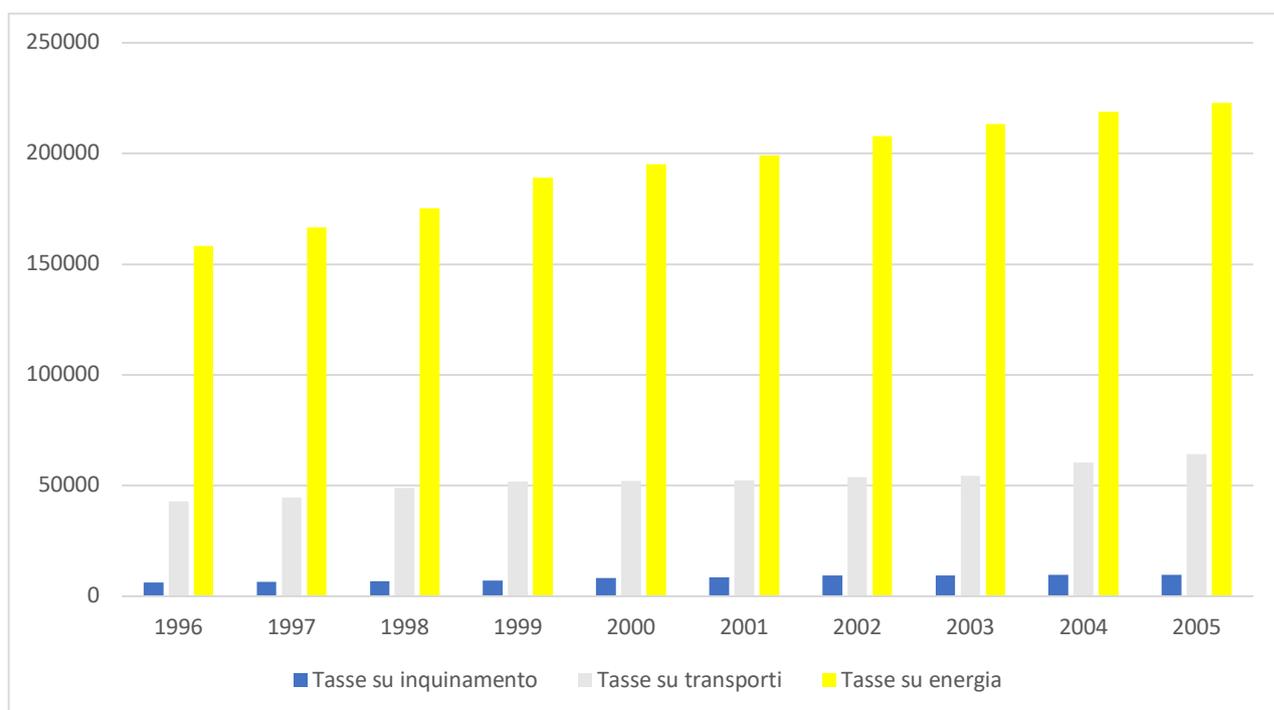


Figura 11: Composizione tasse ambientali in Italia

-Fonte: elaborazione propria

Tra le tre citate sopra, la tassazione riguardante l'energia rappresenta la quota maggioritaria di ricavi, con un peso che si è incrementato di circa il 40% arrivando sino a 222918 milioni di euro nel campione considerato. Alla stessa stregua anche le tasse sui trasporti e sull'inquinamento hanno avuto un incremento percentuale rispettivamente del 49% e del 57,5 %.

Per quanto riguarda i ricavi derivanti dalla tassazione ambientale in Italia, la quota relativa l'energia segue il trend generale rappresentando mediamente l'82 % totale annuo.⁴⁹

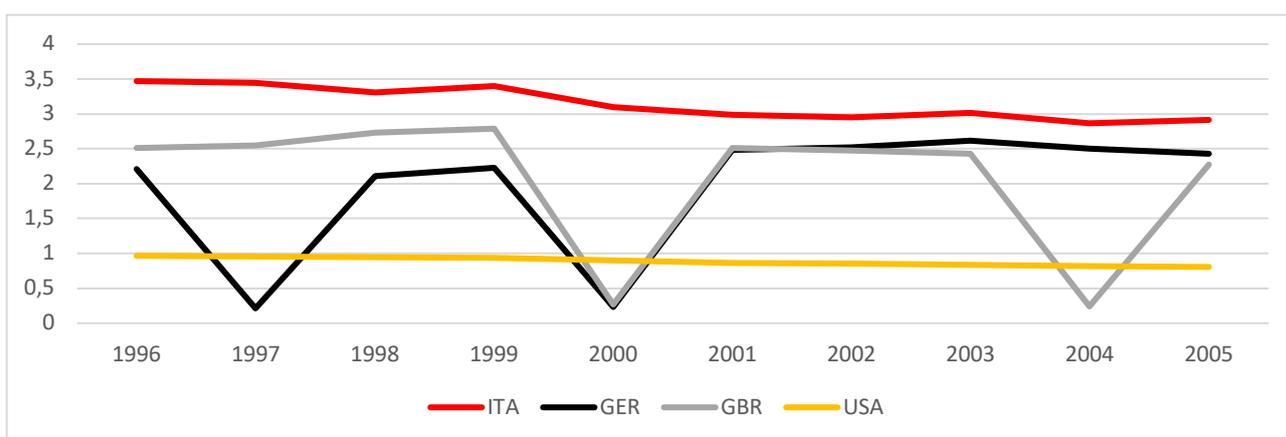


Figura 12: Tasse ambientali in % del PIL

-Fonte: elaborazione propria

Nel periodo considerato, la tassazione ambientale del paese Italia è sempre stata pressoché superiore al resto del campione mantenendo un valore medio di circa 3,15 %, in controtendenza rispetto l'andamento generale, questo dovuto principalmente alla crescita della tassazione sull'energia.

Per quanto riguarda Germania e Regno Unito, si osserva una riduzione del gettito per effetto della flessione delle quattro categorie di imposta.

La variabile ENV_EXP, espressa come % del PIL, fornisce informazioni sulle spese in materia di prevenzione, riduzione ed eliminazione dell'inquinamento o di qualsiasi altro degrado ambientale e copre la spesa totale di un paese (ad esempio, famiglie, imprese e

⁴⁹ https://www.finanze.gov.it/export/sites/finanze/it/.content/Documenti/entrate_tributarie/Entrate-Tributarie-Internazionali-2018-10.pdf

governo) in servizi di protezione ambientale⁵⁰. Tra le attività di protezione ambientale⁵¹ rientrano le spese e/o transazioni il cui scopo principale è la protezione dell'ambiente, ad es. gestione dei rifiuti e delle acque reflue, protezione della biodiversità, nonché protezione del suolo, ricerca e sviluppo, istruzione e formazione.

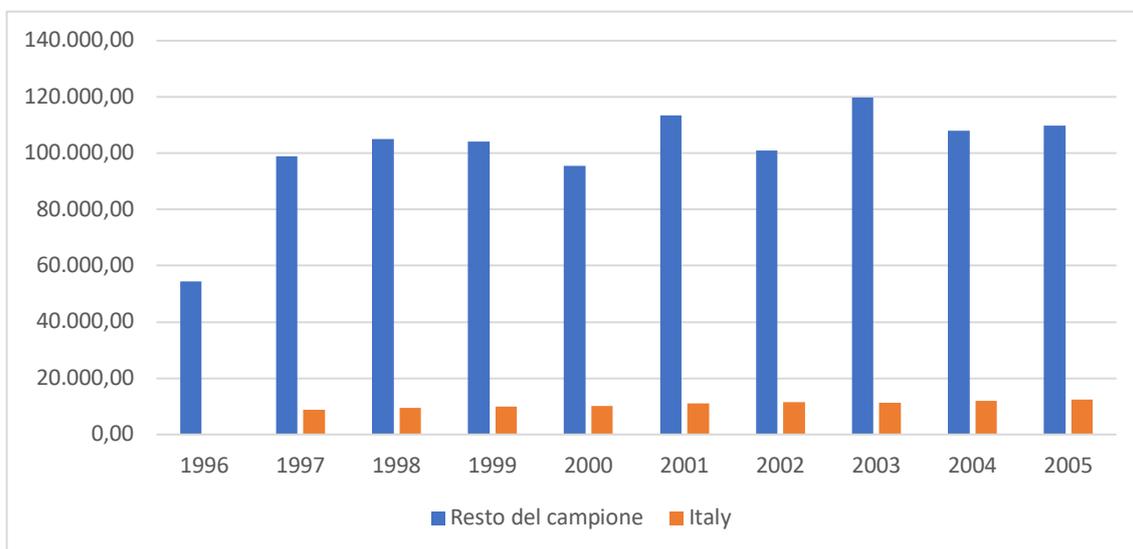


Figura 13: Spesa in protezione ambientale in Italia

-Fonte: elaborazione propria

La rigidità ambientale (E) del paese esportatore (paese i) in questo caso specifico fornisce un'indicazione circa la pressione esercitata da un paese industrializzato sui progressi tecnologici, indagando così l'ipotesi Porter e van der Linde. Al contrario, la rigidità ambientale del paese importatore (paese j) ci dà la dimensione dell'importanza di un quadro istituzionale nel partner commerciale. Tutte queste misure di regolamentazione ambientale sono state testate separatamente in modo da rinforzare la robustezza dei risultati empirici.

ENV_INV, comprende tutti gli esborsi in un determinato anno (acquisti e produzione per conto proprio) per macchinari, attrezzature e terreni utilizzati a fini di protezione

⁵⁰ I servizi ambientali sono prodotti sia da società private che dal governo. La quota di ciascun settore nella produzione totale di servizi ambientali dipende dalle disposizioni nazionali. (Appendice A3)

⁵¹ Secondo la classificazione CEPA, le attività di protezione ambientale sono attività di produzione che utilizzano attrezzature, manodopera, tecniche di produzione, reti o prodotti di informazione per creare una produzione di beni o servizi.

ambientale. Gli investimenti totali in un settore o settore sono la somma di due categorie:

- Investimenti *end-of-pipe* (trattamento dell'inquinamento): ovvero le spese in conto capitale per la raccolta e la rimozione di inquinanti (ad es. emissioni nell'atmosfera), prevenire la diffusione e la misurazione del livello di inquinamento e il trattamento e lo smaltimento di inquinanti generati dall'attività operativa della società. In tale categoria rientrano gli investimenti sia del settore pubblico che di quello privato.
- Investimenti in tecnologie integrate (investimenti per la prevenzione dell'inquinamento): spese sostenute ogni qualvolta viene introdotto un nuovo processo di produzione nel caso in cui fosse dannoso per l'ambiente; ovvero gli esborsi totali per l'adattamento ambientale.

Gli investimenti ai fini di protezione ambientale, in Italia hanno avuto una tendenza coerente con la crescita del PIL.

In seguito ad un relativo decremento degli investimenti nell'anno 2000, tale voce di spesa ha avuto una notevole crescita dal 2001 in poi anche grazie alla legge 388/2000⁵²(Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato) ed alla strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia, formulata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.⁵³

⁵² <https://www.camera.it/parlam/leggi/003881.htm>

⁵³ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/strategia_svs_2002.pdf

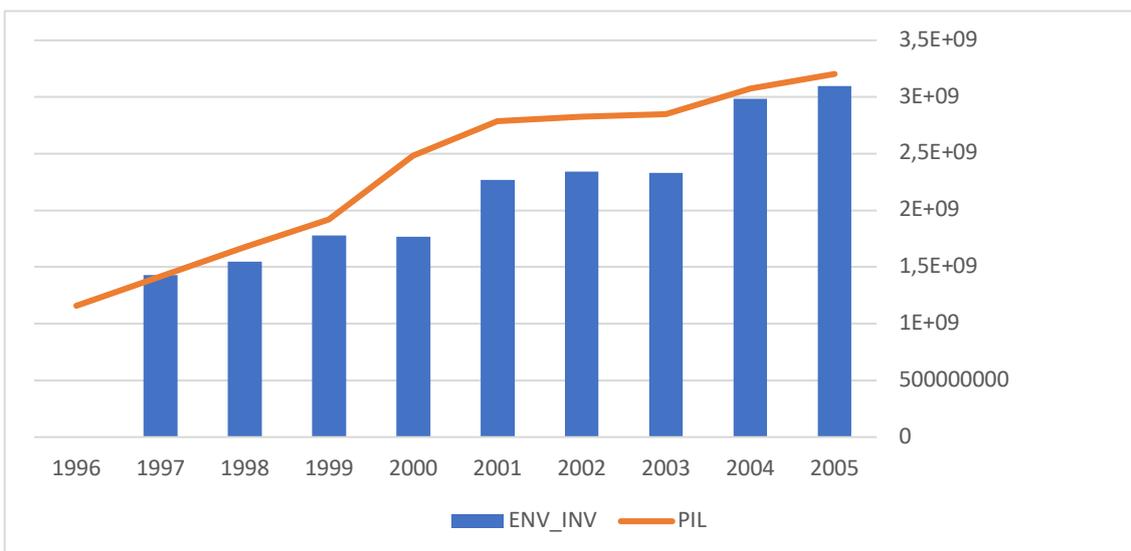


Figura 14: Investimenti ai fini di protezione ambientale in Italia.

-Fonte: elaborazione propria

La variabile Innovazione (I), si compone di tre fattori: RD, TOTPAT ed ENE_PAT.

Il fattore RD esprime le spese in ricerca e sviluppo espresse in % del PIL, ricavate dal database WDI.⁵⁴

La variabile TOTPAT rappresenta l'insieme delle domande di brevetto di un determinato paese, per 100.000 abitanti. Le domande di brevetto sono domande di brevetto in tutto il mondo depositate attraverso la "*Patent Cooperation Treaty procedure*"⁵⁵ in materia di brevetti o con un ufficio brevetti nazionale per i diritti esclusivi di un'invenzione. I dati sono stati estrapolati dal database WDI.⁵⁶

Il fattore ENE_PAT, tiene conto del numero di domande di brevetti, depositate presso l'ufficio italiano brevetti e marchi e classificate secondo la "*IPC Green Inventory*" (Appendice A2. e A3.), di *alternative energy production ed energy conservation*.

⁵⁴ <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=GB.XPD.RSDV.GD.ZS&country=>

⁵⁵ Le serie di domande internazionali distinguono quattro sottocategorie: a) brevetti rilasciati dai residenti di un paese in quel paese; b) brevetti rilasciati in un paese da non residenti di quel paese; c) brevetti totali registrati nel paese o denominazione; d) brevetti rilasciati al di fuori di un paese dai suoi residenti. I dati sui brevetti concessi distinguono solo tra brevetti concessi a residenti e non residenti.

⁵⁶ <https://data.worldbank.org/indicator/IP.PAT.RESD?end=2018&start=2018&view=bar>

Salvo l'anno 2000, le domande di brevetto per entrambe le categorie sono cresciute sino ad arrivare a 45 brevetti per la categoria *energy conservation* e 25 per la categoria *alternative energy production*. (Figura 11)

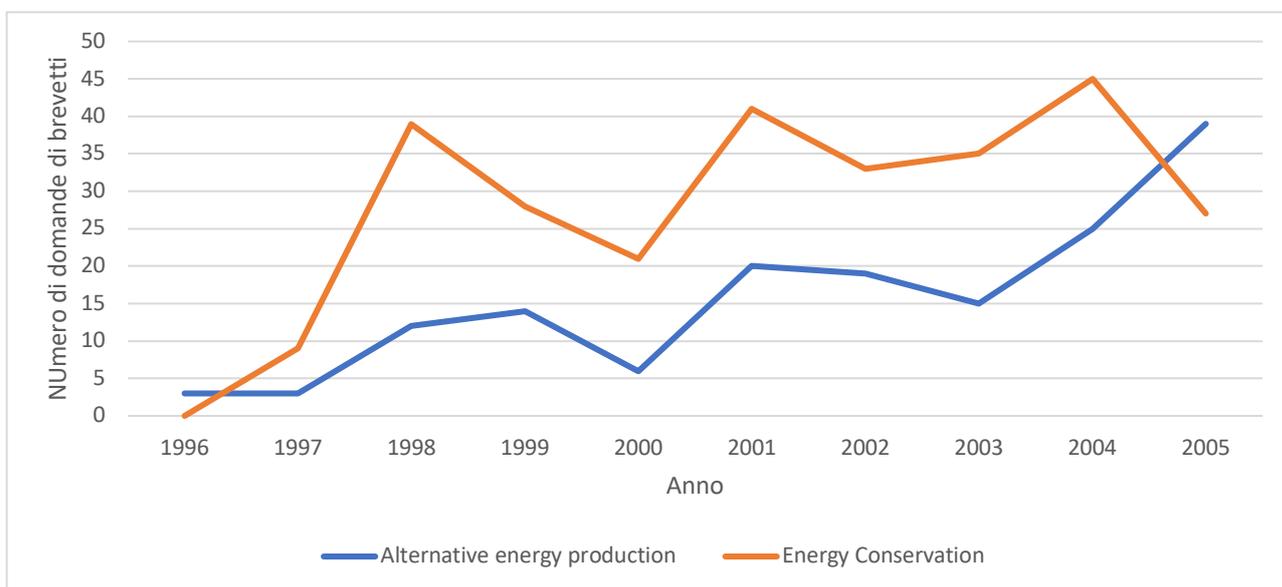


Figura 15: Domande di brevetti in energy conservation ed energy production

-Fonte: elaborazione propria

La variante RL_J , rappresenta la percezione della misura in cui gli agenti hanno fiducia e rispettano le regole della società quali: la qualità dell'esecuzione dei contratti, i diritti di proprietà, le forze di polizia, i tribunali. Tale indicatore, fornito dal database "the world bank" segue una distribuzione normale con valori compresi tra -2.5 e +2.5. Quest'ultimo riflette la certezza del diritto e la garanzia della tutela dei contratti, della celerità

amministrativa e della tutela dei diritti di proprietà.

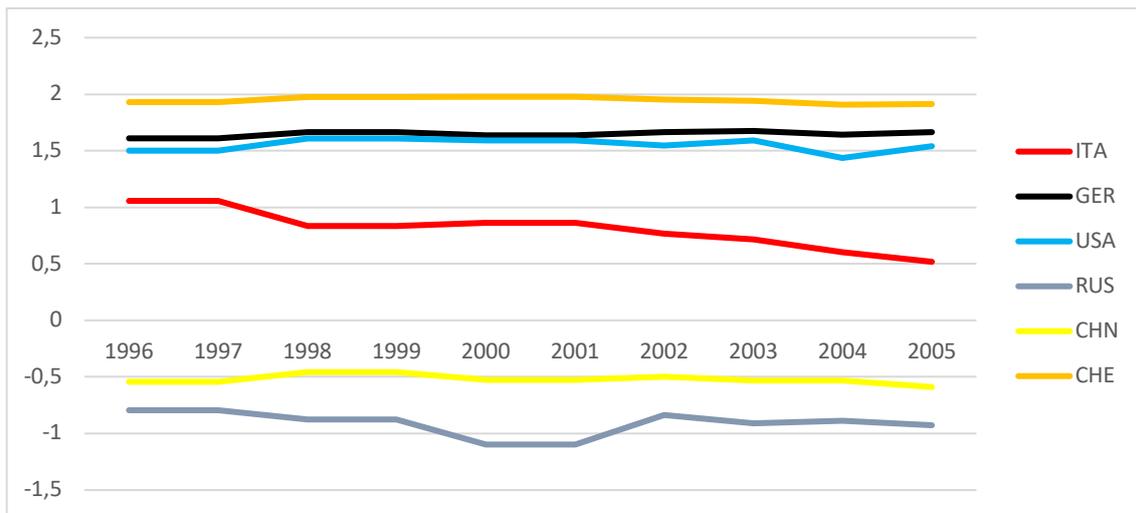


Figura 16: Rule of Law

-Fonte: elaborazione propria

Il Paese con un indice più alto è la Svizzera, con valore quasi sempre nell'intorno del due; per quanto concerne l'Italia, il trend è decrescente con il passare degli anni, sino ad arrivare ad un valore di 0,52 nel 2005. (Appendice A4).

6.3 Risultati empirici

La relazione attorno a cui è concentrato tutto lo studio del modello, ossia l'utilizzo del modello gravitazionale per capire quali variabili siano significative e quindi influiscano sul flusso di esportazioni del Paese Italia è stata stimata con il metodo dei OLS,

sfruttando la dimensione Panel che consente di prendere in considerazione osservazioni ripetute nello spazio e nel tempo.

I risultati della nostra indagine empirica mostrano che un modello di equazione di gravità è un buon quadro di analisi per testare le nostre ipotesi. Le prime 2 colonne della Tabella 1 riportano i risultati per il modello di equazione della gravità di base in cui vengono considerate solo le variabili "strutturali".

Nel testare il modello gravitazionale si nota che maggiore è il livello di reddito del paese esportatore e, maggiori saranno i flussi commerciali anche nel caso di un settore specifico come quello qui analizzato. Infatti, la variabile legata al PIL (sia Paese importatore che esportatore) impatta positivamente sulla variabile dipendente.

Anche le distanze tra i partner commerciali svolgono un ruolo importante, in cui le distanze ridotte sono più favorevoli all'aumento dei flussi commerciali. Il segno negativo associato alla dimensione della popolazione per entrambi i paesi j conferma i risultati empirici degli studi pregressi, questo significa che nel caso specifico in considerazione, il ruolo della massa nell'attrarre le importazioni di tecnologie avanzate è positivamente correlato al PIL piuttosto che il numero di potenziali consumatori (dato dalla dimensione della popolazione).

Al fine di mantenere la formulazione originale dell'equazione di gravità, sono state incluse separatamente reddito e popolazione.

Le statistiche associate al test di Hausman suggeriscono che le stime ad effetti *random* devono essere preferite a quelle ad effetti fissi. Effettuando il test ad ogni regressione si è palesato che questo è vero per tutte le stime eseguite.⁵⁷

Le colonne 2- 4 della tabella 1 mostrano che la regolamentazione ambientale svolge un ruolo importante nella definizione dei flussi bilaterali di esportazione di tecnologie rispettose dell'ambiente nel settore energetico. Infatti, i coefficienti associati ai più rilevanti proxy di rigore ambientale (ENV_EXP e CO2) sono significativi

Mentre per le variabili che spiegano la rigidità della regolamentazione ambientale, ENV_EXP, le emissioni di CO2 dovrebbero essere considerate un *proxy* indiretto delle norme ambientali. Quindi, se un Paese applica norme ambientali rigorose (ed efficienti), il livello delle emissioni di CO2 sarà inferiore.

⁵⁷ Considerando i risultati ottenuti, i coefficienti associati alla dimensione dell'economia dell'esportatore (PIL) sono più alti di quelli relativi agli importatori (PIL) e questo è coerente con i risultati teorici riportati da Feenstra et al. (2001) per il caso di "beni differenziati", in cui l'elasticità del reddito interno supera l'elasticità del reddito del partner.

Infine, le emissioni di CO₂ sono strettamente correlate agli impegni del Protocollo di Kyoto (la nostra regolamentazione ambientale adeguatamente progettata) e questa è, per quanto ne sappiamo, l'unica variabile *proxy* che fornisce un'approssimazione degli sforzi dei paesi per rispettare gli obiettivi di abbattimento di Kyoto.

Riassumendo, potremmo dire che ENV_TAX è la variabile che rappresenta meglio gli sforzi compiuti dalle aziende private e pubbliche (costi di conformità) per rispettare la normativa ambientale, mentre le emissioni di CO₂ sono un *proxy* degli sforzi nazionali globali per rispettare gli standard.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Mjt	0.0185106 * (0.00654)	0.0209826* (0.0065651)	0.0231529* (0.0074432)	0.0230247* (0.0074358)
Mit	0.0492273** (0.0223692)	0.157975* (0.0109766)	0.1524206 * (0.0138101)	0.1410672 * (0.017185)
Popjt	-0.0000964 *** (-0.0000522)	-0.0000818* (-0.0000330)	-0.0000880* (-0.0000340)	-0.0000996* (-0.0000387)
Popit	-0.0842061 ** (-0.0194129)			
Gij	-0.0068915 * (- 0.003322)	-0.0062431** (-0.0033323)	-0.0060901** (-.0030999)	-0.0057301** (-0.0022999)
Areaj	-1.95e-06 (6.97e-06)	-4.85e-06 (-6.68e-06)	-4.76e-05 (6.90e-06)	-4.84e-06 6.90e-06
CO2j		50.37584 *** (30.30205)	46.30669 (37.50121)	48.3995 (36.93689)
CO2i		-448.0687* (-169.4138)		
ENV_EXPit			0.0021296 *** (0.0008097)	
ENV_INVit				0.0118687* (0 .0039714)
Const	-4722.534* (1072.32)	47.63314 (62.501)	- 108.1894** (41.07739)	-97.18655*** (40.03857)
R²	0.6315	0.6187	0.6185	0.6214
Obs	300	300	270	270

Statistics for t-Student in parenthesis. * p-values < 0.01, ** p-values < 0.05, *** p-values < 0.1.

Tabella 3: EQUAZIONE DI GRAVITÀ DI BASE E RUOLO DEL REGOLAMENTAZIONE AMBIENTALE

6.4 La regolamentazione ambientale stimola l'innovazione *green*?

Il secondo passo della nostra analisi consiste nell'introdurre nel nostro modello econometrico le variabili tecnologiche che rappresentano la forza dei sistemi di innovazione (ENE_PAT, TOTPAT ed RD).

I risultati riportati nella tabella 2 confermano la nostra ipotesi che la capacità innovativa nazionale del paese esportatore (Italia) svolga un ruolo cruciale nell'influenzare la loro capacità di penetrare nel mercato internazionale delle tecnologie energetiche, essendo la variabile TOTPAT_i significativa.

L'area del paese di destinazione rimane, per tutte le regressioni effettuate, non significativa. Con lo scopo di testare la robustezza dei nostri risultati sono stati eseguiti diversi test del modello utilizzando misure alternative delle normative ambientali e delle competenze tecnologiche; come si evidenzia dalle colonne (1)-(3), usando la Co₂ come *proxy* per la regolamentazione ambientale.

L'intensità dell'attività di ricerca del paese esportatore, misurata in termini di spese per R&S, ha un effetto positivo e significativo sull'andamento delle esportazioni. In particolare, i risultati della colonna (3) mostrano che una maggiore specializzazione in tecnologie *alternative energy production* ed *energy conservation*, misurata dalla variabile ENE_PAT, maggiore è il guadagno in termini di vantaggi comparati misurati come flusso commerciale di tecnologie energetiche.

Questi esiti sono confermati anche quando ENV_TAX viene impiegata come misura di regolamentazione ambientale nel paese esportatore, colonna (4).

	(1)	(2)	(3)	(4)
Mjt	0.0203998 * (0.0065536)	0.0212407 * (0.0065929)	0.0213353* 0.0065915	0.0213392 (0.0065848)
Mit	0.1538617* (0.0110716)	0.1577584* (0.0110471)	0.1557609* (0.01132)	0.16623 .0107282
Popjt	-0.0000859* (-0.0000320)	-0.0000997** (-0.0000384)	-0.0000881* (-0.0000294)	-0.0000907* (-0.0000326)
Gij	-0.006188 ** (-.0001811)	-0.0066426* (-0.0021582)	-0.0059752* (-0.0019437)	-0.0052368* (-0.0013329)
Areaj	-5.12e-06 (6.65e-06)	-5.06e-06 (6.65e-06)	-5.02e-06 (6.65e-06)	-4.17e-06 (6.62e-06)
Co2j	52.52714 ** (30.10935)	50.74763*** (30.39297)	50.05515 (30.37492)	33.56926 (29.47486)
CO2i	-1188.391* (343.347)	-599.7814* (238.5834)	-391.5911* (143.8267)	

ENV_EXPit				0.0029464* (0.0011369)
TOTPATit		0.0074973** 0.003385		
ENE_PATit			0.3511915* (0.1367192)	
RD_i	331.2456 *** (136.0389)			89.92629** 52.41620
RD_j	-9.064292 (17.29594)	-7.356746 (17.40964)	-2.324262 (17.01794)	-0.6909616 (17.17925)
Const	621.044 * (239.9965)	141.7123 (119.8763)	5.625018 (92.80937)	-14.18528 (99.73321)
R²	0.6289	0.6092	0.6214	0.6195
Obs	300	300	300	300

Statistics for t-Student in parenthesis. * p-values < 0.01, ** p-values < 0.05, *** p-values < 0.1.

Tabella 4: TEST SUL RUOLO DEL SISTEMA NAZIONALE DI INNOVAZIONE

Con lo scopo di validare ulteriormente la nostra ipotesi di partenza, si valuta l'impatto delle domande di brevetto in *alternative energy production* ed *energy conservation* in Italia (*ENE_PAT*); come mostrato in colonna (1); questa variabile ha un impatto statisticamente significativo e positivo sulle esportazioni.

Inserendo nel modello la variabile relativa alle tasse ambientali, *ENV_TAX* e la variabile relativa ai brevetti del paese importatore, *TOTPAT_j*, si evidenzia che: una tassazione ambientale maggiore ha effetti positivi e significativi sulle esportazioni di tecnologie *green*. (colonne 2-3-4)

Invece, testando l'effetto dell'innovazione, si evince dalle colonne (3)-(4) che la variabile relativa al paese importatore ha segno negativo; questo significa che, maggiori domande di brevetto o maggiori spese in ricerca e sviluppo tendono a far diminuire le esportazioni di tecnologie pro-ambiente.

Al fine di testare la validità del modello costruito, è stata effettuata un'ulteriore analisi di regressione con un campione *out of time*, mostrata in Appendice A.10.

Dall'analisi effettuata, quindi, emerge che i principali *driver* di vantaggi comparati relativi sono: la regolamentazione ambientale e la qualità del sistema di innovazione del paese esportatore.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Mjt	0.0222069* (0.0066272)	0.0219656* (0.0066057)	0.0449349* (0.0089264)	0.0212143 * (0.0066292)
Mit	0.1544964* (0.0112605)	0.1646894* 0.0108028	0.1698769* (0.0124221)	0.1523642 * (0. .0114536)
Popjt	-0.0000881* (-0.0000311)	-0.0000853** (-0 0000347)	-0.0000881* (-0 0000294)	-0.0000907* (-0 0000326)
Gij	-0.0063301** (-0.0021052)	-0.0066426* (-0.0021582)	-0.0064805* (-0.0013999)	- 0.0065192 * (-0.0024432)
Areaj	-6.52e-06 (6.91e-06)	-6.52e-06 (6.91e-06)	-.0000105 (6.94e-06)	-6.54e-06 (6.92e-06)
Co2j	54.07458*** (30.34507)	52.70694 (29.60138)	46.63129 (28.83143)	56.24255 *** (30.21077)
CO2i	-289.3453*** (-172.7852)			-1151.385 (360.8515)
ENV_EXPit		0.0039544* (0.001809)	0.0050263* (0.0016548)	0.0029464* 0.0011369
ENE_PATit	(0.286689)*** (0.1641045)	0.2815694*** (0.1605504)		
ENV_TAXit		68.82782*** (34.5506)	63.66999*** (33.33295)	61.6576** (28.91907)

TOTPATit			0.0273282*	(0.0133673)	
TOTPATjt			-0.0010759*	(0.0002878)	
RDit					352.5641 *
					(161.7684)
RDjt					-8.936516
					(17.42295)
RLj	22.34047***	23.96747***	-23.73121***		-18.567 ***
	(12.88386)	(13.363)	(13.03582)		(10.10514)
Const	13.72444	-858.1094*	-819.3418		697.9765
	(86.55737)	(386.852)	(374.5496)		(315.2808)
R²	0.6249	0.6309	0.6423		0.6328
Obs	300	300	300		300

Statistics for t-Student in parenthesis. * p-values < 0.01, ** p-values < 0.05, *** p-values < 0.1.

Tabella 5: TEST SUL RUOLO DEL SISTEMA NAZIONALE DI INNOVAZIONE

CONCLUSIONI

Lo scopo dell'intero elaborato è quello di analizzare e verificare un modello empirico basato su un'equazione di gravità al fine di fornire prove della pertinenza dell'ipotesi di Porter e van der Linde, prendendo come paese di riferimento l'Italia.

Per lo studio empirico si è costruito un *dataset* comprendente i 30 Paesi con cui l'Italia esporta maggiormente, dove la variabile dipendente è l'export, come abbiamo già detto, del Paese esportatore i dal Paese esportatore j nell'anno t (con t che va dal 1996 al 2005).

I risultati empirici mostrano che una regolamentazione ambientale più rigorosa fornisce uno stimolo positivo per aumentare gli investimenti in attrezzature tecnologiche avanzate, offrendo così una fonte indiretta di vantaggi comparativi a livello internazionale. I paesi con rigorosi standard ambientali hanno una maggiore capacità di esportazione per quelle tecnologie rispettose dell'ambiente che la regolamentazione induce ad adottare. Applicando un'equazione gravitazionale su una definizione molto specifica di tecnologie ambientali, concentrandosi sul settore energetico, ciò che emerge è che maggiori sono gli sforzi dei paesi per rispettare la regolamentazione ambientale (Protocollo di Kyoto) maggiore è lo stimolo all'innovazione in tale ambito.

Inoltre, la qualità del sistema innovativo nazionale ha un impatto rilevante sulla capacità dei paesi nel penetrare nel mercato internazionale delle tecnologie energetiche

Quindi, fortemente significativi sono gli effetti positivi sia della regolamentazione ambientale sia dell'efficacia dei sistemi nazionali di innovazione.

Questi risultati sembrano rafforzare le strategie europee affrontate nei recenti documenti politici elaborati dalla Commissione (CE, 2004, 2006a, 2006b, 2007).

APPENDICE

A. 1. Paesi firmatari Protocollo di Kyoto

Nazione	Firma Protocollo	Adesione
Antigua e Barbuda	16-03-1998	3-11-1998
Argentina	16-03-1998	28-09-2001
Armenia	---	25-04-2003
Australia	29-04-1998	NO
Austria	29-04-1998	31-05-2002
Azerbaijan	---	28-09-2000
Bahamas	---	09-04-1999
Bangladesh	---	22-10-2001
Barbados	---	07-08-2000
Belgio	29-04-1998	31-05-2002
Benin	---	25-02-2002
Bhutan	---	26-08-2002
Bolivia	09-07-1998	20-11-1999
Botswana	---	08-08-2003

Brasile	29-04-1998	23-08-2002
Bulgaria	18-9-1998	15-08-2002
Burundi	---	08-10-2001
Cambogia	---	22-08-2002
Camerun	---	28-08-2002
Canada	29-04-1998	17-12-2002
Rep. Ceca	23-11-1998	15-11-2001
Cile	17-06-1998	26-08-2002
Cina	29-05-1998	30-08-2002
Cipro	---	16-07-1999
Colombia	---	30-11-2001
Cook	16-09-1998	27-08-2001
Corea del Sud	25-09-1998	08-11-2002
Costarica	27-04-1998	09-08-2002
Cuba	15-03-1999	30-04-2002
Danimarca	29-04-1998	31-05-2002
Rep. Dominicana	---	12-02-2002
Ecuador	15-01-1999	13-01-2000

Egitto	15-03-1999	No
El Salvador	08-06-1998	20-11-1998
Estonia	03-12-1998	14-10-2002
Figi	17-09-1998	17-09-1998
Filippine	15-04-1998	NO
Finlandia	29-04-1998	31-05-2002
Francia	29-04-1998	31-05-2002
Gambia	---	01-06-2001
Georgia	---	16-06-1999
Germania	29-04-1998	31-05-2002
Ghana	---	30-05-2003
Giamaica	---	28-06-1999
Giappone	28-04-1998	04-06-2002
Gibuti	---	12-03-2002
Giordania	---	17-01-2003
Gran Bretagna	29-04-1998	31-05-2002
Grecia	29-04-1998	31-05-2002
Grenada	---	06-08-2002

Guatemala	10-07-1998	05-10-1999
Guinea	---	07-09-2000
Guinea Equatoriale	---	16-08-2000
Guyana	---	05-08-2003
Honduras	25-02-1999	19-07-2000
India	---	26-08-2002
Indonesia	13-07-1998	No
Irlanda	29-04-1998	31-05-2002
Islanda	---	23-05-2002
Israele	16-12-1998	No
Italia	29-04-1998	31-05-2002
Kazakistan	12-03-1999	No
Kiribati	---	07-09-2000
Kirghistan	---	13-05-2003
Laos	---	06-02-2003
Lesotho	---	06-09-2000
Lettonia	14-12-1998	05-07-2002
Liberia	---	05-11-2002

Liechtenstein	26-09-1998	No
Lituania	21-09-1998	31-01-2003
Lussemburgo	29-04-1998	31-05-2002
Malawi	---	26-10-2001
Malaysia	12-03-1999	04-09-2002
Maldiva	16-03-1998	31-12-1998
Mali	27-01-1999	28-03-2002
Malta	17-04-1998	11-11-2001
Marocco	---	25-01-2002
Marshall	17-03-1998	11-08-2002
Mauritius	---	09-05-2001
Messico	09-06-1998	07-09-2000
Micronesia	17-03-1998	21-06-1999
Moldavia	---	22-04-2003
Monaco	29-04-1998	NO
Mongolia	---	15-12-1999
Myanmar	---	13-08-2003
Namibia	---	04-09-2003

Nauru	---	16-08-2001
Nicaragua	07-07-1998	18-11-1999
Niger	23-10-1998	NO
Niue	08-12-1998	30-05-2002
Norvegia	29-04-1998	30-05-2002
Nuova Zelanda	22-05-1998	19-12-2002
Paesi Bassi	29-04-1998	31-05-2002
Palau	---	10-12-1999
Panama	08-06-1998	05-03-1999
Papua Nuova Guinea	02-03-1999	28-03-2002
Paraguay	25-08-1998	27-08-1999
Perù	13-11-1998	12-09-2002
Polonia	15-07-1998	13-12-2002
Portogallo	29-04-1998	31-05-2002
Romania	05-01-1999	19-03-2001
Russia	11-03-1999	21-10-2004
Salomone	29-09-1998	13-03-2003
Santa Lucia	16-03-1998	20-08-2003

Saint Vincent e Grenadine	19-03-1998	NO
Senegal	---	20-07-2001
Seychelles	20-03-1998	22-07-2002
Slovacchia	26-02-1999	31-05-2002
Slovenia	21-10-1998	02-08-2002
Spagna	29-04-1998	31-05-2002
Sri Lanka	---	03-09-2002
Sudafrica	---	31-07-2002
Svezia	29-04-1998	31-05-2002
Svizzera	16-03-1998	09-07-2003
Tanzania	---	26-08-2002
Thailandia	02-02-1999	28-08-2002
Trinidad e Tobago	07-01-1999	28-01-1999
Tunisia	---	22-01-2003
Turkmenistan	28-09-1998	11-01-1999
Tuvalu	16-11-1998	16-11-1998
Ucraina	15-03-1999	NO
Uganda	---	25-03-2002

Ungheria	---	21-08-2002
Unione Europea	29-04-1998	31-05-2002
USA	12-11-1998	NO
Uruguay	29-07-1998	05-02-2001
Uzbekistan	20-11-1998	12-10-1999
Vanuatu	---	17-07-2001
Vietnam	3-12-1998	25-09-2002
Zambia	05-08-98	---

A. 2. Elenco di indicatori nella versione 2018 dell'indice di eco-innovazione

Name of indicator	Source	Year	Updated for 2018 version
1. Eco-innovation inputs			
1.1. Governments environmental and energy R&D appropriations and outlays (% of GDP)	EUROSTAT	2017	Yes
1.2. Total R&D personnel and researchers (% of total employment)	EUROSTAT	2017	Yes
1.3. Total value of green early stage investments (USD/capita)	Cleantech	2015-2018	Yes
2. Eco-innovation activities			
2.1. Enterprises that introduced an innovation with environmental benefits obtained within the enterprise (% of total firms)	EUROSTAT / CIS questionnaire	2014	NO
2.2. Enterprises that introduced an innovation with environmental benefits obtained by the end user (% of total firms)	EUROSTAT / CIS questionnaire	2014	NO
2.3. ISO 14001 registered organisations (per mln population)	ISO Survey of Certifications	2017	Yes
3. Eco-innovation outputs			
3.1. Eco-innovation related patents (per mln population)	Patstat	2015	Yes
3.2. Eco-innovation related academic publications (per mln population)	Scopus	2017	Yes
3.3. Eco-innovation related media coverage (per numbers of electronic media)	Meltwater	2018	Yes
4. Resource efficiency outcomes			
4.1. Material productivity (GDP/Domestic Material Consumption)	EUROSTAT	2017	Yes
4.2. Water productivity (GDP/total fresh water abstraction)	EUROSTAT	2014	Yes
4.3. Energy productivity (GDP/gross inland energy consumption)	EUROSTAT	2016	Yes
4.4. GHG emissions intensity (CO2e/GDP)	EEA	2016	Yes
5. Socio-economic outcomes			
5.1. Exports of products from eco-industries (% of total exports)	EUROSTAT	2017	Yes
5.2. Employment in eco-industries and circular economy (% of total employment across all companies)	Orbis	2017	Yes
5.3. Revenue in eco-industries and circular economy (% of total revenue across all companies)	Orbis	2017	Yes

A. 3. IPC Green Inventory (Alternative energy production)

Bio-fuels	
Solid fuels	C10L 5/00, 5/40-5/48
Liquid fuels	C10L 1/00, 1/02, 1/14
Biogas	C02F 3/28, 11/04 C10L 3/00 C12M 1/107 C12P 5/02
From genetically engineered organism	C12N 1/13, 1/15, 1/21, 5/10, 15/00 A01H
Integrated gasification combined cycle (IGCC)	F02C 3/28
Fuel cells	H01M 4/86-4/98, 8/00-8/24, 12/00-12/08
Pyrolysis or gasification of biomass	C10B 53/00 C10J
Harnessing energy from manmade waste	
Hydro energy	
Ocean thermal energy conservation (OTEC)	F03G 7/05
Wind energy	F03D
Solar energy	F24S H02S
Geothermal energy	F24T
Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat	F24T 10/00-50/00 F24V 30/00-50/00
Using waste heat	
To produce mechanical energy	F01K 27/00
Of combustion engines	F01K 23/06-23/10 F01N 5/00 F02G 5/00-5/04 F25B 27/02
Of steam engine plants	F01K 17/00, 23/04
Of gas-turbine plants	F02C 6/18
As source of energy for refrigeration plants	F25B 27/02
For treatment of water, waste water or sewage	C02F 1/16
Recovery of waste heat in paper production	D21F 5/20
For steam generation by exploitation of the heat content of hot heat carriers	F22B 1/02
Recuperation of heat energy from waste incineration	F23G 5/46
Energy recovery in air conditioning	F24F 12/00
Arrangements for using waste heat from furnaces, kilns, ovens or retorts	F27D 17/00

Regenerative heat-exchange apparatus	F28D 17/00-20/00
Of gasification plants	C10J 3/86
Devices for producing mechanical power from muscle energy	F03G 5/00-5/08

A. 4. IPC Green Inventory (Energy Conservation)

Storage of electrical energy	B60K 6/28 B60W 10/26 H01M 10/44-10/46 H01G 11/00 H02J 3/28, 7/00, 15/00
Power supply circuitry	H02J
Measurement of electricity consumption	B60L 3/00 G01R
Storage of thermal energy	C09K 5/00 F24H 7/00 F28D 20/00, 20/02
Low energy lighting	
Electroluminescent light sources (e.g. LEDs, OLEDs, PLEDs)	F21K 99/00 F21L 4/02 H01L 33/00-33/64, 51/50 H05B 33/00
Thermal building insulation, in general	E04B 1/62, 1/74-1/80, 1/88, 1/90
Recovering mechanical energy	F03G 7/08

A. 5. Tecnologie per le energie rinnovabili e il risparmio energetico, hs 1996(Energie rinnovabili)

Codice	Descrizione
2207.10	Alcool etilico non denaturato; di titolo alcolometrico volumico di 80% vol. o più alto
2905.11	Metanolo
4401.10	Legna; per carburante, in tronchi, billette, ramoscelli, fascine o forme simili
4401.30	Legna; segatura, cascami e avanzi, anche agglomerati in ceppi, bricchette, pellet o forme simili
7321.13	Apparecchi di cottura e scaldapiatti; per combustibile solido, di ferro o di acciaio
7321.83	Elettrodomestici; non elettrici (diversi dai fornelli e dagli scaldapiatti), per combustibili solidi, di ferro o di acciaio
8410.11	turbine; turbine idrauliche e ruote idrauliche, di potenza non superiore a 1000kW
8410.12	turbine; turbine idrauliche e ruote idrauliche, con potenza compresa tra 1000kW e 10000kW
8410.13	turbine; turbine idrauliche e ruote idrauliche, di potenza superiore a 10000kW
8410.90	turbine; parti di turbine idrauliche e ruote idrauliche, compresi i regolatori
8413.81	Pompe per liquidi, anche aventi un dispositivo misuratore;
8419.11	riscaldatori; scaldacqua istantanei a gas, per uso domestico o per altri scopi
8419.19	riscaldatori; scaldacqua istantanei o ad accumulo, non elettrici, diversi dal gas
8502.31	Gruppi elettrogeni elettrici; a energia eolica, (esclusi quelli con motori a pistoni interni con accensione a scintilla o accensione spontanea)
8502.40	Convertitori rotanti elettrici
8441.40	Apparecchi elettrici; fotosensibili, comprese le celle fotovoltaiche, anche assemblate in moduli o costituite da pannelli, diodi emettitori di luce

A. 6. Tecnologie per le energie rinnovabili e il risparmio energetico, hs 1996 (Risparmio energetico e gestione)

Codice	Descrizione
--------	-------------

3815	Apparecchi elettrici; fotosensibili, comprese le celle fotovoltaiche, anche assemblate in moduli o costituite da pannelli, diodi emettitori di luce
7008.00	Unità isolanti a parete multipla di vetro
7019.90	Altri prodotti in fibra di vetro
8404.20	Condensatori per vapore o altre unità di potenza del vapore
8409.99	Parti adatte all'uso esclusivamente o principalmente con i motori di HS 8407 o 8408; altro
8418.69	Pompe di calore
8419.50	Unità di scambio termico
8419.90	Parti per apparecchiature di scambio termico
8539.31	Lampade fluorescenti, catodo caldo
8543.19	Celle a combustibile
9028.10	Misuratori di fornitura, produzione e calibrazione del gas
9028.20	Dosatori di liquidi, produzione e calibratori
9032.10	termostato

Fonte: Steenblick (2005)

A. 7.Descrizione variabili

Variabile	Definizione	Fonte
<i>Variabile dipendente</i>		
Expijt	Flussi bilaterali di esportazione nelle energie rinnovabili e nelle tecnologie di risparmio energetico (a 2000 \$ PPP costanti) (definizione HS Tabella A2)	UNCATD
<i>Massa</i>		
PILi e j	Pil (a 2010 \$PPP costanti)	WDI
POPi ed j	Popolazione totale	WDI
Areaj	Area in km ²	WDI
<i>Geografia</i>		
Gij	Distanza geografica	CEPII
<i>Regolamentazione ambientale</i>		
CO2i ed j	Emissioni di CO2 (kg per 2000 PPP \$ di PIL)	WDI
ENV_EXPit	Spesa totale di un paese (ad esempio, famiglie, imprese e governo) in servizi di protezione ambientale	EUROSTAT

ENV_TAXit	Ricavi da imposte ambientali in% del gettito fiscale totale	EUROSTAT
ENV_INV	Esborsi in un determinato anno per macchinari, attrezzature e terreni utilizzati a fini di protezione ambientale	EUROSTAT
<hr/> <i>Innovazione</i> <hr/>		
RDi ed j	Spese in ricerca e sviluppo	WDI
TOTPATi ed j	Insieme delle domande di brevetto di un determinato paese, per 100.000 abitanti.	WDI
ENE_PATi	numero di domande di brevetti, depositate presso l'ufficio italiano brevetti e marchi	ESPACENET
<hr/> <i>Altre variabili di controllo</i> <hr/>		
RLj	Rule of Law (Kauffman et al., 2003)	World Bank

A. 8. Main statistics

Variables	No. Obs.	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Expijt	300	159.2637	138.2718	0	849.8801
Mit	300	1389.283	247.227	1143.83	1857.524
Mjt	300	998.8162	1992.557	20.28963	13036.64
Popit	300	57151.7	365.6109	56860.28	57969.64
Popjt	300	124501.9	286694.7	1981.629	1303720
Gij	300	4221.24	4101.892	492.3427	16333.2
Areaj	300	2317258	4111072	1050	1.64e+07
co2it	300	0.2934206	0.0180653	0.2710227	0.3251945
co2jt	300	0.4629703	0.2829504	0.1369988	1.972983
ENV_EXPit	300	9088.961	3200.56	0	11610.44
ENV_INVit	300	1841.357	794.1395	0	2917.684
ENV_TAXit	300	7.648	0.3290851	7.19	8.22
Rdit	300	1.022696	0.0401537	0.94843	1.08482
RDjt	300	1.601439	0.7926312	0.36224	3.18099
TOTPATit	300	7453.4	555.5479	6281	7877
TOTPATjt	300	25618.55	71067.31	0	384201
Ene_patit	300	43.4	21.46569	3	70
Rljt	300	0.907086	0.8172387	-1.097559	1.976893

A. 9. Correlation m

	Mit	Mjt	Areaj	Popit	Popjt	Gij	CO2it	Co2jt
Mit	1.0000							
Mjt	0.0682	1.0000						
Areaj	0.0000	0.2834	1.0000					
Popit	0.9524	0.0724	0.0000	1.0000				
Popjt	0.0090	0.1711	0.3884	0.0106	1.0000			
Gij	0.0000	0.2201	0.4026	0.0000	0.2491	1.0000		
CO2it	-0.5263	-0.0553	-0.0000	-0.7021	-0.0121	-0.0000	1.0000	
CO2jt	-0.1515	-0.0024	0.6409	-0.1826	0.2975	0.0078	0.2146	1.0000
ENV_EXPit	0.3274	0.0390	0.0000	0.5032	0.0097	-0.0000	-0.8068	-0.1727
ENV_INVit	0.6071	0.0575	0.0000	0.7616	0.0117	-0.0000	-0.9153	-0.2063
ENV_TAXit	-0.5268	-0.0523	-0.0000	-0.6730	-0.0111	0.0000	0.9069	0.1975
Rdit	0.4135	0.0429	0.0000	0.5436	0.0107	-0.0000	-0.9126	-0.1894
RDjt	0.0480	0.3713	-0.0015	0.0585	-0.1549	0.3267	-0.0694	-0.3287
TOTPATit	0.3808	0.0428	0.0000	0.5324	0.0091	-0.0000	-0.0694	-0.1636
ENE_PATit	0.5469	0.6847	0.0000	0.6610	0.0106	0.0000	-0.0694	-0.1847
RIjt	-0.0066	0.205	-0.3701	-0.0065	-0.3984	-0.0258	-0.0001	-0.1847

	ENV_EXPit	ENV_INVit	ENV_TAXit	Rdit	RDjt	TOTPATit	ENE_PATit	RIjt
ENV_EXPit	1.0000							
ENV_INVit	0.9295	1.0000						
ENV_TAXit	-0.7699	-0.8672	1.0000					
Rdit	0.7891	0.8407	-0.9136	1.0000				
RDjt	0.0525	0.0648	-0.0616	0.0598	1.0000			
TOTPATit	0.4813	0.6044	-0.8896	0.7647	0.0529	1.0000		
ENE_PATit	0.8016	0.8889	-0.7444	0.7914	0.0572	0.4941	1.0000	
RIjt	0.0074	0.0023	0.0003	0.0035	0.5286	0.1235	0.0035	1.0000

	(1)	(2)	(3)	(4)
Mjt	0.0155230 * (0.004332)	0.01604903* (0.0058320)	0.0170224* (0.063683)	0.0193315* (0.0069162)
Mit	0.039113** (0.018321)	0.142035* (0.0129851)	0.1503108 * (0.0132007)	0.1422542 * (0.016064)
Popjt	-0.0000758 *** (-0.0000433)	-0.0000734* (-0.0000307)	-0.0000813* (-0.0000327)	-0.0000943* (-0.0000356)
Popit	-0.07632512* (-0.0141803)			
Gij	- 0.0064206 ** (- 0.003069)	-0.0062551** (-0.0031323)	-0.0061582** (-0.0031203)	-0.0055427** (-0.0021451)
Areaj	-1.90e-06 (5.7e-06)	-4.36e-06 (-6.45e-06)	-4.55e-05 (6.48e-06)	-4.61e-06 (6.82e-06)
Co2j		49.36374 *** (29.00422)	47.5678 (34.8032)	47.996 (35.01234)
CO2i		-522.0341* (-168.1103)		
ENV_EXPit			0.0021296 *** (0.0008097)	
ENV_INVit				0.0103217* (0.0037946)
Const	-3231.493* (932.32)	55.21602 (66.440)	- 136.0774 (88.33456)	-95.18655*** (49.03857)
R²	0.6021	0.6087	0.6165	0.6207
Obs	300	300	300	270

A. 10. Test modello

Statistics for t-Student in parenthesis. * p-values < 0.01, ** p-values < 0.05, *** p-values < 0.1.

BIBLIOGRAFIA

ALBRECHT, J., 1998, Environmental Costs and Competitiveness. A Product-Specific Test of the Porter Hypothesis, *Working Paper* n. 50, University of Ghent, Belgium.

ALTMAN, M., 2001, When green isn't mean: economic theory and the heuristics of the impact of environmental regulations on competitiveness and opportunity cost, *Ecological Economics*, n. 36, pp. 31-44.

Anche banche e regioni danno un aiuto alle rinnovabili, Francesco Abiuso sole24ore 23-02-2009.

ANDERSON, J., 1979. A theoretical foundation for the gravity equation. *The American Economic Review*.

ANDERSON, J., 2011. The Gravity Model. *The Annual Review of Economics*.

ANDERSON, J. E., VAN WINCOOP, E., 2003. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*.

ANTWEILER, W., Copeland, B.R., Taylor, M.S., 2001, Is Free Trade Good for the Environment?, *The American Economic Review*, Vol. 91 (4), pp. 877-908.

ARCHIBUGI, D., Coco, A., 2004, A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (ArCo), *World Development*, Vol. 32 (4), pp. 629-654.

BERGSTRAND, J., 1985. The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*.

BERGSTRAND, J. H. 1989. "The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition, and the Factor-Proportions Theory in International Trade". *Review of Economics and Statistics*. Bernauer, T., Engels, S., Kammerer, D., Seijas, J., 2006, Explaining Green Innovation, *CIS Working Paper* n. 17, ETH Zurich and University of Zurich.

BOMMER, R., 1999, Environmental Policy and Industrial Competitiveness: The Pollution-Haven Hypothesis Reconsidered, *Review of International Economics*, Vol. 7 (2), pp. 342-355.

BOVENBERG, A.L., SMULDERS, S., 1995, Environmental quality and pollution-augmenting technological change in a two-sector endogenous growth model, *Journal of Public Economics*, n. 57, pp. 369-391.

BRETSCHGER, L., Economics of technological change and the natural environment: How effective are innovations as a remedy for resource scarcity?, *Ecological Economics*, n. 54, pp. 148-163.

BROCK, W.A., Taylor, M.S., 2004, Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics, *NBER Working Paper* n. 10854, Cambridge, MA, USA.

BRUNNERMEIER, S.B., COHEN, M.A., 2003, Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries, *Journal of Environmental Economics and Management*, no. 45, pp. 278-293.

BUCHANAN, J.M., TULLOCK, G., 1975, Polluters' Profit and Political Response: Direct Controls versus Taxes, *The American Economic Review*, Vol. 65 (1), pp. 139-147.

centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII), 2006, *Dataset of distances measures*, CEPII, Paris.

CERIN, P., 2006, Bringing economic opportunity into line with environmental influence: A discussion on the Coase theorem and the Porter and van der Linde hypothesis, *Ecological Economics*, n. 56, pp. 209-225.

Commission of the European Communities (EC), 2004, *Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union*, COM(2004) 38 final, Brussels.

COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S., 2003, *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton University Press, U.S.A.

COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S., 2004, Trade, Growth, and the Environment, *Journal of Economic Literature*, Vol. 42 (1), pp. 7-71.

COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S., 2005, Free trade and global warming: a trade theory view of the Kyoto protocol, *Journal of Environmental Economics and Management*, n. 49, pp. 205-234.

CORBETTA G., MBISTROVA A., A. Ho, *Wind in Power*: 2016

Così nasce un industria ecologica”, Laura La Posta ed Eleonora Della Ratta sole24ore 21-07-2018.

Costi e Ricavi, fonte www.rinnovabili.it 02-13-2009, autore Maurizio Cusano.

“Crescita esponenziale per il settore delle energie pulite”: fonte, sito www.b2b.it, rapporto società di consulenza Frost & Sullivan.

DASGUPTA, S., HAMILTON, K., PANDEY, K., WHEELER, D., 2006, Environment During Growth: Accounting for Governance and Vulnerability, *World Development*, forthcoming.

DAVIS, D.R., WEINSTEIN, D.E., 1996, Does economic geography matter for international specialization?, NBER Working Paper n. 5706.

DEARDORFF, A. V. 1998. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? University of Chicago Press.

DEARDORFF, A., 1984. Testing trade theories and predicting trade flows. Elsevier.

“Energia per l’astronave Terra”, Nicola Armalori e Vincenzo Balzani, Zanichelli, cap.7 e cap.9, 2011.

EDERINGTON, J., MINIER, J., 2003, Is Environmental Policy a Secondary Trade Barrier? An Empirical Analysis, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 36 (1), pp. 137-154.

EDERINGTON, J., LEVINSON, A., MINIER, J., 2005, Footloose and Pollution-Free, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 87 (1), pp. 283-306.

European Commission (EC), 2004, *Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union*, COM(2004) 38 final, Brussels.

European Commission (EC), 2006a, *A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*, COM(2006) 105 final, Brussels.

European Commission (EC), 2006b, *Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius Policy options for the EU and the world for 2020 and beyond*, SEC(2006) 27-11-2006, Brussels.

European Commission (EC), 2007, *An Energy Policy for Europe*, COM(2007) 03-01-2007, Brussels. EUROSTAT, 2006, *Environmental Accounting on-line database*, Luxemburg.

Eurelectric Report, *Electricity Market Design: Fit for the Low-Carbon Transition*, Bruxelles 2019.

European Environmental Agency, Lussemburgo 2020.

European Statistics, The European Wind Energy Association, Febbraio 2019.

EVENETT, S.J., KELLER, W., 2002, On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation, *Journal of Political Economy*, Vol. 110 (2), pp. 281-316.

FEENSTRA, R.C., MARKUSEN, J.R., ROSE, A.K., 2001, Using the gravity equation to differentiate among alternative theories of trade, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 34 (2), pp. 430-447.

“Fotovoltaico in Germania: i segreti di un modello vincente”. “La situazione in Spagna e Francia”, 2019.

Fotovoltaico: il futuro è nel silicio su vetro” Fonte sole24ore 21-09-2009, articolo di Luca Salvioli - con la collaborazione di Martin Green, professore della University of new south wales di Sydney.

Fonti tratte dall'articolo "Energia che c'è" di Nicola G. Grillo del 03-07-2009

pubblicato sul sito www.enerpoint.it/news.

GHISETTI, C., RENNINGS, K., 2014. Environmental innovations and profitability: how does it pay to be green? An empirical analysis on the german innovation survey. *J. Clean. Prod.* 75 (4), 106-117.

GHOLAMI, R., LEE, S-Y.T., HESHMATI, A., 2006, The Causal Relationship Between Information and

Communication Technology and Foreign Direct Investment, *World Economy*, Vol. 29 (1), pp. 43-62.

Gli investitori a caccia del 12%", Carlo Festa sole24ore 22-07-2009.

Grether, J.-M., De Melo, J., 2003, Globalization and Dirty Industries: Do Pollution Havens Matter?, *NBER Working Paper* n. 9776, Cambridge, MA, USA.

"Il petrolio finirà presto", Sebastiano Malamocco, Repubblica 08-09-2009.

HARRIS, M.N., KÓNYA, L., MÁTYÁS, L., 2002, Modelling the Impact of Environmental Regulations on Bilateral Trade Flows: OECD, 1990-1996, *World Economy*, Vol. 25 (3), pp. 387-405.

HART, S. L., 1995. A natural resource based view of the firm. *Acad. Manage. Rev.* 20 (4), 986-1014.

HAVEMAN, JON and HUMMELS, David. 2004. "Alternative Hypotheses and the Volume of Trade: The Gravity Equation and the Extent of Specialization". *Canadian Journal of Economics* 37(1): 199-218.

HELPMAN, E., & KRUGMAN, P. 1985. Market structure and foreign trade.
Cambridge, MIT Press.

HELPMAN, E., ELHANAN. 2006. Trade, FDI, and the Organization of Firms. NBER
Working Papers 12091, National Bureau of Economic Research, Inc.

HOEKMAN, B.M., MASKUS, K.E., SAGGI, K., 2005, Transfer of Technology to
Developing Countries: Unilateral and Multilateral Policy Options, *World Development*,
Vol. 33 (10), pp. 1587-1602.

JAFFE, A.B., PALMER, K., 1997, Environmental Regulation and Innovation: A
Panel Data Study, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79 (4), pp. 610-619.

JAFFE, A.B., STAVINS, R.N., 1995, Dynamic Incentives of Environmental
Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion,
Journal of Environmental Economics and Management, n. 29, pp. 43-63.

JAFFE, A.B., NEWELL, R.G., STAVINS, R.N., 2000, Technological Change
and the Environment, *NBER Working Paper* n. 7970, Cambridge, MA, USA.

JAFFE, A.B., NEWELL, R.G., STAVINS, R.N., 2005, A tale of two market
failures: Technology and environmental policy, *Ecological Economics*, n. 54, pp. 164-
174.

JAFFE, A.B., PETERSON, S.R., PORTNEY, P.R., STAVINS, R.N., 1995,
Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does
the Evidence Tell Us?, *Journal of Economic Literature*, Vol. 33 (1), pp. 132-163.

JUG, J., MIRZA, D., 2005, Environmental Regulations in Gravity Equations: Evidence from Europe, *World Economy*, Vol. 28 (11), pp. 1591-1615.

KAUFMAN, D., KRAAY, A., MASTRUZZI, M., 2003, *Governance Matters III: Governance Indicators for 1996-2002*, The World Bank, Washington DC.

KELLER, W., 2004, International Technology Diffusion, *Journal of Economic Literature*, Vol. 42 (3), pp. 752- 782.

Evoluzione del mercato fotovoltaico europeo fino al 2014

KRUGMAN, P., 1979. Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade. *Journal of International Economics*.

KRUGMAN, P., 1995. Increasing returns, imperfect competition and the positive theory of international trade. *Handbook of international economics*.

KRUGMAN, P., 1997. *Development, geography, and economic theory*. The MIT Press.

LANJOUW, J.O., MODY, A., 1996, Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology, *Research Policy*, n. 25, pp. 549-571.

LANOIE, P., LAPLANTE, B., ROY, M., 1998, Can capital market create incentives for pollution control?, *Ecological Economics*, n. 26, pp. 31-41.

LEONTIEF, W., 1953. Domestic Production and Foreign Trade; The American Capital Position Re-Examined. Jstore.

- LETCUMANAN, R., KODAMA, F., 2000, Reconciling the conflict between the 'pollution-haven' hypothesis and an emerging trajectory of international technology transfer, *Research Policy*, n. 29, pp. 59-79.
- LEVINSON, A., TAYLOR, S., 2004, Unmasking the Pollution Haven Effect, *NBER Working Paper* n. 10629, Cambridge, MA, USA.
- LINDER, S., 1961. An essay on trade transformation. Semantic Scholar.
- MAYER, T., ZIGNAGO, S., 2006, Notes on CEPII's distances measures, Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales (CEPII), Paris.
- MOHR, R. D. 2002. Technical change, external economies, and the Porter Hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management* 43 (1): 158–68.
- MULATU, A., FLORAX, R.J., WITHAGEN, C.A., 2001, Environmental Regulation and Competitiveness: A Meta- Analysis of International Trade Studies, *Tinbergen Institute Discussion Paper* n. 39, Tinbergen Institute, Amsterdam.
- MURTY, M.N., KUMAR, S., 2003, Win-Win Opportunities and Environmental Regulation: Testing of Porter Hypothesis for Indian Manufacturing Industries, *Journal of Environmental Management*, Vol. 67 (2), pp. 139-144.
- NEARY, J.P., 2006, International Trade and the Environment: Theoretical and Policy Linkages, *Environmental & Resource Economics*, No. 33, pp. 95-118.
- NEWELL, R.G., JAFFE, A.B., STAVINS, R.N., 1999, The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114 (3), pp. 941-975.

Normativa italiana del risparmio energetico: fonte Gazzetta Ufficiale dlg 192/2005, DM 19/02/2017, DM 07/04/2018.

Normativa sul conto energia del 2017: direttamente scaricabile dal sito www.youenergy.it/Index/HOME.

“Nucleare versus Rinnovabile”: relazione di Francesco Muggianu pubblicata su www.portalsole.it.

PALMER, K., OATES, W.E., PORTNEY, P.R., 1995, Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), pp. 119-132.

POPP, D., 2005, Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models, *Ecological Economics*, n. 54, pp. 209-226.

PORTER, M.E., VAN DER LINDE, C., 1995, Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), pp. 97-118.

Rapporto del 2009 sul solare termico: fonte CNES, reperibile sul sito www.solartecmed.com/normative/Rapporti Energia Studi.

Report from the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Renewable Energy Progress Report, Brussels Giugno 2015.

REQUATE, T., 2005, Dynamic incentives by environmental policy instruments – a survey, *Ecological Economics*, n. 54, pp. 175-19

“Solare termico: la situazione in Europa”: articolo di Franco Pecchio tratto da “Energie oggi” del 07-06-2009.

Stato dell’industria nazionale, tratto da “Il giornale delle energie rinnovabili N° 178 2017, articolo di Leonardo Berlen.

STEENBLIK, R., 2005, Liberalisation of Trade in Renewable-Energy Products and Associated Goods: Charcoal, Solar Photovoltaic Systems, and Wind Pumps and Turbines, *OECD Trade and Environment Working Paper* n. 2005-07, OECD, Paris.

TINBERGEN, J., 1962, *Shaping the World Economy*, The Twentieth Century Fund, New York.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2006, *COMTRADE on-line database*, UN. United States Patent and Trademark Office (USPTO), 2006.

TOMESCU M., MOORKENS I., WETZELS W., EMELE L., FORSTER H., e GREINER B., *Renewable Energy in Europe 2016*,

TINBERGEN, J., 1962. *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*. Twentieth Century Fund, New-York.

“Trend di Mercato”, dossier di Riccardo Oldani tratto dal “Sarasin solar energy report” dicembre 2018 (fonte Economist).

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2006, *COMTRADE on-line database*, UN. United States Patent and Trademark Office (USPTO), 2006.

VAN BEERS, C., VAN DEN BERGH, J.C.J.M., 2000, The Impact of Environmental Policy on Foreign Trade, *Tinbergen Institute Discussion Paper* n. 69, Amsterdam.

VOLLEBERGH, H.R.J., KEMFERT, C., 2005, The role of technological change for a sustainable development, *Ecological Economics*, n. 54, pp. 133-147.

WAGNER, M., 2003, *The Porter Hypothesis Revisited: A Literature Review of Theoretical Models and Empirical Tests*, Centre for Sustainability Management, Univesitat Luneburg, Germany.

WHEELER, D., 2001, Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries, *World Bank Policy Research Working Paper* n. 2524, The World Bank, Washington DC.

World Bank, 2006, *World Development Indicators (WDI)*, on-line database, The World Bank, Washington DC.

SITOGRAFIA

“EPIA”, www.epia.org.

“TRES”, www.100ambiente.it.

<https://www.camera.it/parlam/leggi/003881.htm>

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/strategia_svs_2002.pdf

<https://www.ecoage.it/paesi-firmatari-protocollo-kyoto.htm>

<https://www.worldbank.org>

<https://www.reteclima.it/protocollo-di-kyoto/>

https://www.finanze.gov.it/export/sites/finanze/it/.content/Documenti/entrate_tributarie/Entrate-Tributarie-Internazionali-2018-10.pdf

Ringraziamenti

Innanzitutto, ringrazio il Prof. Buzzacchi per avermi guidato e supportato nella fase più importante del mio percorso accademico.

Ai miei genitori ed ai miei fratelli: grazie per il vostro sostegno e la vostra pazienza, grazie per essere stati sempre al mio fianco.

Ai miei zii Elio ed MariaRosaria per il loro supporto e i loro consigli.

Ai miei zii Raffaella e Salvatore: i punti di riferimento della mia vita, due persone speciali che mi hanno sempre assecondato, grazie, grazie, grazie, senza di voi non sarei avrei mai raggiunto questo traguardo.

Grazie a tutti i miei colleghi, ma soprattutto grazie ad Elio, Lorenzo e Gabriele; più che colleghi, li definirei fratelli, grazie per questo tempo trascorso insieme, grazie di cuore perché siete stati la mia seconda famiglia.

Alla mia amica Francesca: un ringraziamento speciale per essermi stata sempre vicino, per avermi “sopportato” ed essere sempre disponibile nel momento del bisogno.

Agli amici di sempre ed agli amici “ritrovati”: grazie per essere sempre pronti a farmi divertire.

Ed infine, grazie a me stesso, alla mia determinazione, che mi ha sempre portato a raggiungere gli obiettivi prefissati. Grazie a me stesso, che ogni giorno non perdo mai la forza “combattere”.