



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA E MANAGEMENT
Via Voltapaletto, 11 - 44121 Ferrara

Quaderno DEM 19/2013

September 2013

**Cambiamento climatico, politica ambientale e
performance economiche: un'analisi
dinamica e settoriale sull'Europa**

Luca Di Girolamo - Nicola Fogagnolo -
Massimiliano Mazzanti - Marco A. Miglietta -
Luca Navarro - Francesco Nicolli

Quaderni DEM, volume 2

ISSN 2281-9673

Editor: Leonzio Rizzo (leonzio.rizzo@unife.it)
Managing Editor: Paolo Gherardi (paolo.gherardi@unife.it)
Editorial Board: Davide Antonioli, Francesco Badia, Fabio Donato, Giorgio Prodi, Simonetta Renga

Website:
<http://www.unife.it/dipartimento/economia/pubblicazioni>

Cambiamento climatico, politica ambientale e performance economiche: un'analisi dinamica e settoriale sull'Europa

Luca Di Girolamo, Nicola Fogagnolo, Massimiliano Mazzanti¹, Marco Antonio Miglietta, Luca Navarro, Francesco Nicolli

Abstract

L'obiettivo del lavoro è sfruttare la teoria delle Environmental Kuznets Curves per testare la dinamica relativa all'intensità di emissioni di anidride carbonica (intesa come rapporto tra emissioni e valore aggiunto) ed alla produttività del lavoro (calcolata come valore aggiunto su ore lavorate). Utilizzando il modello economico-ambientale IPAT e la nuova banca dati settoriale Wiod, uno degli strumenti più completi di accounting ambientale a livello europeo, si testa la relazione tra intensità emissiva settoriale e driver economici, commerciali, di politica. Sebbene la relazione ad U rovesciata teorizzata dalla letteratura sulle curve di Kuznets ambientali sembri non verificarsi, si denotano dinamiche interessanti riguardanti la produttività del lavoro, il grado di apertura commerciale e le politiche, in merito al loro impatto sull'intensità di emissioni di anidride carbonica, con evidenze differenti tra Europa del nord e del sud.

Keywords: IPAT, WIOD, Decoupling, ETS, trade, Europe

JEL: O3, Q5

¹ Contact author. mzzmsm@unife.it.

1. Introduzione: aspetti concettuali e letteratura rilevante

1.1 Environmental Kuznets Curves: sviluppo e politica ambientale

In questo articolo facciamo soprattutto riferimento al concetto di disaccoppiamento tra crescita e pressione ambientale, consolidato e diffuso a livelli di politica europea. Il disaccoppiamento può essere relativo o assoluto e si associa ad un aumento dell'efficienza ambientale della crescita.

L'attività antropica è stata identificata pressoché unanimemente quale principale responsabile, negli ultimi secoli, del deterioramento della qualità dell'ambiente. A fronte di tale evidenza, avallata dalla comunità scientifica internazionale, la teoria economica ha prestato scarsa attenzione alle problematiche collegate alla sostenibilità ambientale, limitandosi ad affrontare dal punto di vista teorico i fallimenti di mercato collegati all'ambiente (beni pubblici ed esternalità negative). A partire dagli anni Settanta, con il rapporto del Club di Roma del 1972 "*Limit to Growth*" e la nascita dell'economia ecologica e della bioeconomia grazie all'opera di Georgescu-Roegen, la teoria economica ha iniziato ad interessarsi in maniera crescente ai concetti di sostenibilità ambientale dato l'allarme creato dal progressivo deterioramento della qualità dell'ambiente. Questa prima presa di coscienza rispetto alle problematiche ambientali da parte degli economisti era caratterizzata da previsioni pessimistiche riguardo alla sostenibilità dello sviluppo economico, con limiti sia fisici (leggi della termodinamica) che sociali. In contrasto con tali previsioni pessimistiche una serie di studi pubblicati nei primi anni Novanta ha dato vita ad un filone di ricerca dedicato a valutare quantitativamente la relazione tra economia ed ambiente. Tali studi, a differenza di analisi quali "*Limit to Growth*", non hanno elaborato ipotesi di partenza stringenti riguardo a progresso tecnologico e composizione del consumo presente e futuro ma si sono limitati ad osservare regolarità empiriche. In particolare gli economisti autori di questi studi hanno osservato come oltre una certa soglia di reddito la crescita economica si converta da forza trainante della degradazione dell'ambiente a fattore chiave per il ripristino della qualità ambientale. Tale relazione ad U invertita, denominata curva di Kuznets

ambientale (*environmental Kuznets curve* – EKC), mette in evidenza una serie di effetti collegati alla crescita economica che determinano in un primo momento il rallentamento del degrado ambientale e, successivamente, la tendenza ad una crescita economica sostenibile.

Risulta rilevante evidenziare che la prospettiva settoriale è coerente con nuovi approcci di policy e crescita della UE. Le politiche di crescita della UE si stanno muovendo verso una più bilanciata prospettiva che tiene conto della congiunta base settoriale-regionale della ‘specializzazione intelligente’, che coinvolge esplicitamente cambiamento climatico e questioni ambientali alla luce degli obiettivi UE 2020 (si veda DG REGIO). Ciò è rilevante data la leadership che la UE sta cercando di assumere in ambito ambientale ed innovativo (Mazzanti e Nicolli, 2012).

La curva di Kuznets rappresenta un modello economico - statistico con il quale si cerca di valutare l'importanza di alcuni aspetti del comportamento umano in relazione alle mutazioni dell'ambiente in cui esso vive ed opera. Nello specifico, le Kuznets Curves sono nate negli anni '50 del '900 dall'esperienza dello studioso ucraino Kuznets², il quale poneva in correlazione la crescita dei redditi in una nazione con il fenomeno delle disuguaglianze. Oggi sono anche utilizzate al fine di elaborare una specifica valutazione della variazione della qualità ambientale in relazione con il mutare del reddito pro capite di una nazione o in correlazione con altri drivers economici specifici della comunità di riferimento. La prima relazione significativa individuata (Grossman e Krueger, 1991) ha permesso di evidenziare come al crescere dei redditi e dei consumi di una nazione, il suo grado di inquinamento ambientale, misurato in base alla concentrazione di anidride solforosa e di particelle nell'aria, andasse decrescendo; condizione fondamentale per l'individuazione della suddetta correlazione tra i fenomeni era il raggiungimento di alte condizioni reddituali e di un certo *turning point*.

L'evidenza empirica fornita dal lavoro di Grossman e Krueger suggerisce che negli stadi di crescita reddituale antecedenti al suddetto turning point, la qualità dell'ambiente sembrava deteriorare; al contrario, dal momento in cui il reddito aveva raggiunto valori particolarmente elevati, la tendenza registrava un andamento contrario.

La rappresentazione grafica suggerita dalla relazione esposta, spingeva verso l'utilizzo di un grafico con forma a campana, esattamente come la

² Kuznets, S. (1955) Economic growth and income inequality. The American Economic Review. Vol. 45 (1). Pp. 1-28.

già conosciuta curva di Kuznets. Da qui il nome di Environmental Kuznets Curves (Ekc)

Gli studi moltiplicatisi nel corso degli anni hanno permesso di evidenziare criticità del modello ed ampliare la base metodologica, giungendo ad approfondire i legami che sussistono tra economia ed ambiente.

Grossman e Krueger (1991) notarono come l'accordo Nafta³ tra U.S.A., Messico e Canada avesse avuto un impatto positivo sulle emissioni dei paesi che vi facevano parte. Questa teoria è stata poi supportata da Hettige, Lucas e Wheeler (1992), i quali indicano che l'intensità tossica dell'output segue una dinamica crescente in quei paesi in cui i Governi tentano di restringere il commercio internazionale attraverso dazi, contingentamenti e/o altre misure convenzionali e non. Al contrario, nei Paesi in cui vi è un alto grado di apertura commerciale (associato ad alti tassi di crescita economica), si denota una minore crescita dell'intensità delle emissioni, se non addirittura una diminuzione delle stesse. Un altro lavoro che conferma queste intuizioni è quello di Dean (2002) sul livello d'inquinamento delle acque cinesi in relazione al grado di apertura commerciale del Paese. E' dunque sembrato opportuno inserire una variabile relativa al grado di apertura commerciale, anche per rimanere in linea con tutta la letteratura relativa al fenomeno del Pollution Haven (Cole 2003, 2004).

Dall'inizio degli anni '90, quindi, la curva diventa un nuovo strumento per descrivere le relazioni tra lo sviluppo umano ed il cambiamento ambientale.

La conclusione universalmente più accettata si fonda sull'assunto di base che oggi il miglioramento dell'ambiente non è automaticamente connesso alla crescita del reddito pro capite, ma che esso dipende dalle politiche implementate dalle istituzioni (Torras e Boyce, 1998; Roca, 2003).

Indubbiamente la crescita economica fornisce le condizioni per un miglioramento dell'ambiente circostante, influenzando sull'aspettativa della qualità della vita di ciascun cittadino (Yandle e Morris, 2001).

Lo sviluppo ambientale è dunque strettamente connesso non solamente alle politiche governative ed alle politiche sociali, ma anche al funzionamento ed alla regolazione dei mercati.

Sulle basi dei risultati ottenuti da Marin e Mazzanti (2013) sul caso italiano (utilizzando la contabilità ambientale NAMEA di ISTAT), l'obiettivo di questo lavoro è estendere e verificare la relazione esistente tra l'intensità di emissioni di anidride carbonica e la produttività del lavoro

³ North America Free Trade Agreement.

per i 27 stati membri dell'Unione Europea, attraverso un'analisi che coinvolge i 26 settori principali dal 1995 al 2009. Risulta di particolare importanza verificare l'esistenza delle conclusioni presentate dalla letteratura Ekc viste in precedenza. La letteratura ha già dimostrato in passato la validità della relazione proposta da Kuznets per SO₂ e CO (Grossman e Krueger, 1991). Per queste particelle presenti nell'aria, all'aumentare del reddito si può individuare un andamento descritto dalla curva a campana; per la CO₂ invece non si ha una relazione così nitida e chiara (Yandle et al., 2004; Musolesi et al., 2010). Il turning point si ha per valori eccessivi di reddito e comunque l'errore standard è elevato. Solo recentemente (Mazzanti e Musolesi, 2013), si è notato come la EKC sia effettivamente presente in Europa, ma solo per alcuni paesi (del Nord). È rilevante quindi insistere sulle eterogeneità intra europee, di natura economico-ambientale. Diverse performance economiche sono alla base della crisi europea attuale; noi ci soffermeremo sul legame tra performance ambientali ed economiche (Costantini e Mazzanti, 2013).

Ecco perché è nel nostro interesse utilizzare un indicatore di inquinamento climatico per cercare di individuare una relazione tra la produttività settoriale e il livello di emissioni di CO₂, includendo tra le possibili esplicative variabili di commercio internazionale, e di politica.

1.2 Modello *Stirpat* (*Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology*)

Al fine di testare l'eventuale collegamento o "scollamento" (decoupling – come usualmente utilizzato in letteratura) si utilizza il modello *Stirpat* (York et al., 2003).

In maniera profondamente differente dai modelli *Ipat* e *Impact*, lo *Stirpat* non costituisce un'equazione contabile ma un modello stocastico, facilmente utilizzabile per testare empiricamente le ipotesi alla base di uno studio. La formulazione matematica utilizzata per esprimere lo *Stirpat* è la seguente: $I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i$.

Per cui la costante a bilancia il modello, b , c e d sono rispettivamente gli esponenti di P , A e T , che devono essere stimati ed e rappresenta il termine d'errore (per il modello *Ipat*: $a=b=c=d=e=1$). Il pedice i sta ad indicare che le componenti I , P , A , T ed e variano in base alle unità osservate.

Descrivere il modello *Stirpat* nella sua totalità come strumento di analisi teorica ed empirica significa però arricchirlo con alcuni elementi,

primariamente con l'introduzione del concetto di Elasticità Ecologica (*EE*), che faciliterà la comprensione dei coefficienti del modello e secondariamente andando ad espandere il modello stesso, attraverso l'introduzione di fattori addizionali.

L'*EE* è una misura quantitativa che si riferisce alla reattività o alla sensibilità con cui l'ambiente risponde al cambiamento di una delle forze motrici. Con il modello Stirpat sono facilmente determinabili l'elasticità degli impatti ambientali di popolazione e ricchezza, attraverso l'utilizzo di *cross-section* di dati panel o serie temporali.

$$\ln(I_i) = \ln(a) + b \ln(P_i) + c \ln(A_i) + d \ln(T_i) + \ln(e_i)$$

In forma logaritmica i coefficienti *b* e *c*, indicano la variazione percentuale di *I* in risposta ad una variazione dell'1% di una delle forze trainanti, mentre gli altri fattori rimangono costanti, inoltre permette il controllo di altri fattori tramite il loro inserimento nel modello di base. In maniera pratica fattori addizionali possono essere concettualizzati come componenti moltiplicative del fattore tecnologico, dal momento che potenzialmente influiscono sull'impatto sull'ambiente per unità di produzione. I coefficienti dello Stirpat sono facilmente interpretabili, perché se assumono un valore uguale ad 1 si deduce che esiste una proporzione diretta fra le forze trainanti ed il cambiamento ambientale, per cui un cambiamento nelle prime produce un effetto uguale sull'impatto.

Per coefficienti maggiori di 1 sappiamo che esiste una relazione elastica per cui l'impatto sull'ambiente ha una dimensione maggiore del cambiamento subito dalla forza trainante. Quando i coefficienti assumono valori compresi tra 1 e 0 assistiamo ad una relazione anelastica in cui ad una variazione della forza corrisponde un mutamento men che proporzionale dell'impatto sull'ambiente rispetto al cambiamento della forza stessa. I coefficienti possono assumere però anche valori negativi, il che ci dice che per valori uguali a -1 esiste una relazione anelastica unitaria negativa per cui ad una variazione positiva della forza trainante segue una diminuzione proporzionale dell'impatto che essa ha sull'ambito d'indagine, mentre quando i coefficienti assumono valori minori di -1 si osserva che ad aumento delle forze trainanti corrisponde una diminuzione più che proporzionale della sua forza impattante.

L'ultimo caso contemplato è quello in cui i coefficienti raggiungano valori compresi tra 0 e -1: qui si afferma che esiste una relazione anelastica negativa tale per cui la forza impattante di una delle componenti contemplate nel modello Stirpat decresce in minor proporzione rispetto all'aumento delle dimensioni della componente con cui è connessa.

Come già affermato in precedenza una definizione più esaustiva del modello Stirpat passa attraverso la riformulazione del fattore *T*, ossia della

variabile tecnologica, che sia nel modello Ipat, che in quello Stirpat, non è rappresentata come un fattore singolo ma passibile di una pluridimensionalità.

Nello specifico contesto dello Stirpat essa può essere stimata in tre modi differenti:

Il primo contempla l'interpretazione dell'antilog del termine residuale come T dato che il termine residuale riunisce tutti i fattori differenti da A e P .

Il secondo prevede invece la disaggregazione diretta di T condotta attraverso l'inclusione di fattori addizionali capaci di influenzare l'impatto per unità di produzione nel modello.

L'ultima modalità, forte della non linearità del modello combinato con il concetto di elasticità ecologica, permette l'interferenza nella precisa relazione tra P e T e tra A e T . I coefficienti di elasticità per P e A fornirebbero questa importante precisazione.

Per quanto concerne il secondo approccio, l'utilizzo di fattori addizionali è basilare per lo sviluppo della teoria e per la valutazione delle relazioni causali evidenziate da molte teorie socio-ecologiche, le quali ipotizzano per l'appunto l'esistenza di fattori sociali diversi dalla popolazione e dalla ricchezza, come forze trainanti sul cambiamento ambientale. Sarà quindi questo approccio quello che utilizzeremo in questo lavoro.

Una postilla particolarmente importante discende dall'aggiunta di fattori addizionali nel modello che possono essere contemplati solo qualora si dimostrino concettualmente appropriati come specificazioni moltiplicative del modello stesso, ed in tal senso si inseriscono le dummy relative all'adozione della policy Ets e del trend economico.

Lo Stirpat rimane dunque l'unica elaborazione teorica altamente suscettibile di forme funzionali alternative e se ad esempio una versione quadratica o un altro polinomio di affluenza è contemplato nel modello, il coefficiente di elasticità varia nel range di affluenza. Nel caso specifico in cui la formulazione del modello contempla un polinomio di ordine superiore si palesa la necessità di un utilizzo del modello, sebbene l'interpretazione dei rapporti causali si dimostrerà più complessa.

La forza del modello Stirpat, combinato con lo strumento analitico dell'elasticità ecologica (EE), ha condotto ad analisi raffinate e sottili e la sua testimonianza deriva dalla capacità di demistificazione della curva ambientale di Kuznets ed al conseguente ammodernamento della teoria, oltre alla decifrazione di effetti non lineari delle forze trainanti sull'impatto ambientale.

2. Dati e modelli econometrici

2.1 Il database Wiod⁴

I dati utilizzati per svolgere la ricerca sono forniti dal database Wiod⁵. Questo database, nato inizialmente per analizzare gli scambi tra paesi, è stato ampliato con satelliti ambientali che garantiscono una copertura pressoché globale.

I dati fanno riferimento principalmente a indicatori di energia e di emissioni. I motivi per cui si preferisce l'utilizzo di questi indicatori si riferiscono al fatto che l'uso di energia è generalmente trattato come indicatore di produzione, all'ampia disponibilità di dati e, infine, alla possibilità per le analisi fatte su campioni di aria, di non dover tenere conto dell'aspetto locale e di essere rilevanti per le policy da applicare.

Le emissioni aeree sono divisibili in 2 gruppi: le emissioni di CO₂ e le emissioni di altri inquinanti (quali ad esempio N₂O, CH₄, NO_x, SO_x, NH₃, NMVOC e CO). Le emissioni di CO₂ sono estremamente rilevanti per verificare l'impatto ambientale a seguito di cambiamenti delle abitudini energetiche di un paese.

I satelliti sono distribuiti in modo tale da creare differenti categorie di impatto ambientale per analizzare diversi scenari di rilevanza internazionale quali ad esempio il riscaldamento globale, le piogge acide e il buco nell'ozono. Tutti i dati necessari per calcolare le conseguenze potenziali di questi scenari sono disponibili nel database Wiod.

I dati usati provengono da molteplici fonti, ma il principio guida per l'acquisizione di dati è stato l'uso delle pubblicazioni ufficiali dell'Nsi. Per i dati mancanti sono state utilizzate altre fonti convertite agli standard Namea.

I dati dell'energia sono stati raccolti all'interno di una contabilità ambientale per almeno un anno da diversi paesi (circa 30-35) anche se a livelli base di industrie e energia.

A causa della diversa natura degli indicatori di energia, i dati Wiod sono stati ottenuti anche grazie all'utilizzo di dati Iea, Eurostat e Oecd.

Per le emissioni aeree in Europa ci si è basati su Namea (1995-2009). Un'altra motivazione che ha spinto la ricerca in direzione degli indicatori di emissioni aeree è proprio la qualità dei dati disponibili che è certamente più alta rispetto agli indicatori delle altre estensioni ambientali.

⁴ The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. (2012). Seventh Framework Programme. Founded by European Commission.

⁵ Riferito ai soli Paesi dell'Unione Europea a 27 (quindi esclusa la recentemente annessa Croazia) e raccolgono dati fino al 2009.

I resoconti riguardanti l'energia sono basati sul concetto di utilizzo di "energia lorda" per cui c'è un sistema di "doppia contabilità" rispetto al metabolismo energetico di un sistema economico, in questo modo non vengono perse informazioni sulle varie forme di energia del paese. Questo lo rende inoltre adatto a modelli applicativi.

Anche nel caso in cui i settori siano definiti diversamente, si può superare il problema grazie a informazioni e assunzioni basate sul metodo Wiod Sut.

Per quanto riguarda Namea-air, ci si è basati su 2 metodi per derivare le emissioni. Il primo metodo consiste nel c.d. *energy first approach*, utilizzato quando la maggior parte delle emissioni sono collegate ai combustibili (CO₂, NO_x, SO_x, NMVOC, CO).

Il secondo metodo, ovvero *inventory first approach*, invece viene adottato quando le emissioni non si possono collegare all'uso di energia (N₂O, CH₄, NH₃).

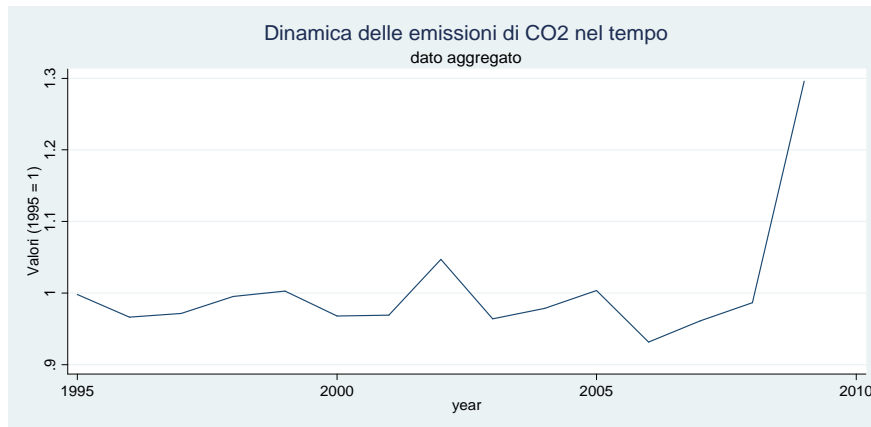
Tutte queste soluzioni rendono i rilevamenti presenti nei database Wiod estremamente affidabili e adatti ad analisi.

2.2 Variabili utilizzate

Come già accennato in precedenza sono state prese in considerazione tre variabili principali alle quali è possibile ricondurre l'intensità delle emissioni rispetto al valore aggiunto e produttività del lavoro.

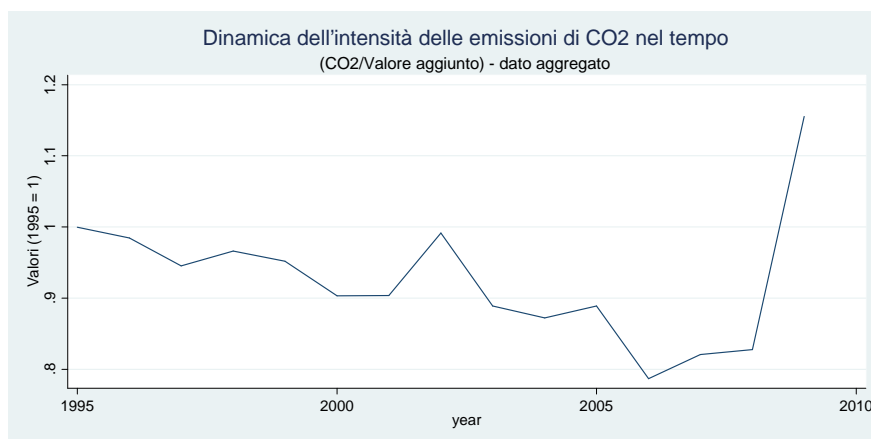
In particolare il regresando (CO₂/Valore aggiunto – CO₂/VA) rapporta le emissioni di CO₂ al valore aggiunto del singolo settore ed è utilizzata come una misura dell'intensità delle emissioni. La CO₂ è stata scelta come indicatore di emissioni perché, come abbiamo visto in precedenza, la raccolta di dati è estremamente affidabile, e, dato ulteriore, la letteratura ha dimostrato in passato che la tesi proposta da Kuznets non sempre è confermata per le emissioni di CO₂; infatti in molti casi accade che a seguito di un aumento del reddito si verifichi un aumento proporzionale della CO₂ emessa senza che vi sia un turning point. Nei casi in cui la curva assume la caratteristica forma a campana, il TP si ha per valori di reddito alti e comunque si ha un errore standard molto elevato. Ne consegue che è di nostro interesse verificare un eventuale rapporto tra la CO₂ emessa ed il valore aggiunto di un settore. Va ricordato inoltre che in passato la tesi proposta dalla letteratura EKC, è stata confermata per le emissioni di SO₂ e CO.

Figura 1: Emissioni di CO₂ nel tempo



Fonte: dati WIOD

Figura 2: Intensità di Emissioni di CO₂ nel tempo



Fonte: dati WIOD

La figura 1 e la figura 2 mostrano rispettivamente la dinamica temporale della quantità effettiva di anidride carbonica emessa nell'aria e l'andamento nel tempo dell'intensità di emissioni di anidride carbonica, si noti come il valore dell'intensità scenda a quasi l'80% rispetto al dato del 2005, trainato sicuramente dalla congiuntura economica favorevole (e quindi dall'aumento del Valore Aggiunto)

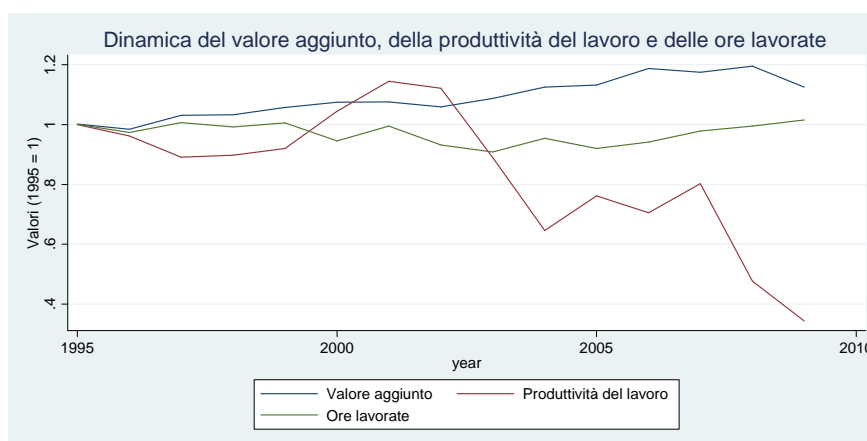
La variabile che indica la produttività del lavoro (Valore aggiunto/Ore lavorate – VA/hL) viene utilizzata come riferimento per valutare l'efficienza produttiva del settore considerato. E' bene precisare che

l'utilizzo di questo driver economico è coerente con altri studi (Marin & Mazzanti, 2010).

Si considerano inoltre le ore lavorate (hL). Lo scopo di questa variabile è quello di considerare in regressione la popolazione che effettivamente lavora ed è ritenuta una buona proxy della popolazione inserita nel modello Ipat/Stirpat.

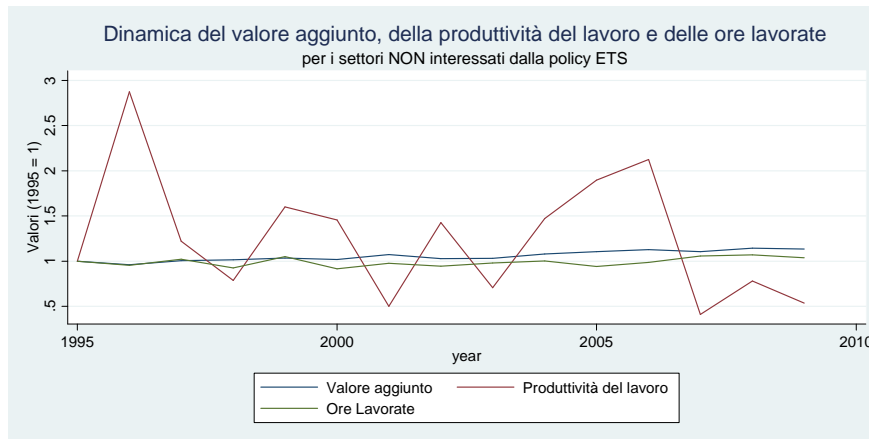
La figura 3 riporta l'andamento di queste due variabili, congiuntamente all'andamento del valore aggiunto, in rapporto al tempo. Si noti come si assista ad un drammatico crollo della produttività del lavoro durante gli anni a ridosso della crisi, e come questo si rifletta nella dinamica dell'intensità di emissioni di anidride carbonica, con l'impennata in corrispondenza del biennio 2008 – 2009 nella figura 2.

Figura 3: Andamento nel tempo delle variabili scelte come regressori



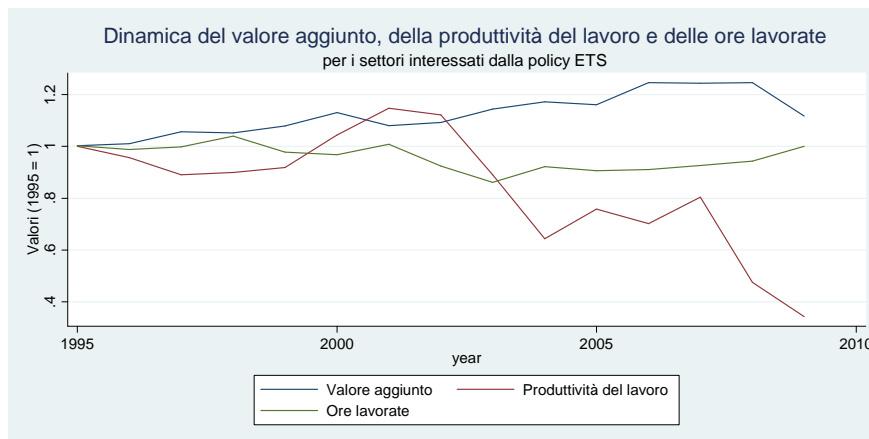
Fonte: dati WIOD

Figura 4: Andamento nel tempo delle variabili scelte come regressori e relativo alle sole osservazioni dei settori non ETS



Fonte: dati WIOD

Figura 5: Andamento nel tempo delle variabili scelte come regressori e relativo alle sole osservazioni dei settori ETS



Fonte: dati WIOD

Seguendo le indicazioni della letteratura già discusse in precedenza, si è deciso di inserire il grado di apertura commerciale dell'intero Paese⁶ (Trade Openness – TO)⁷.

⁶ I dati settoriali relativi al trade openness risultavano statisticamente significativi, pertanto sono stati scartati dall'analisi.

⁷ Per questi dati si è effettuato un matching di dati: l'aggregazione dei dati settoriali presenti nel database WIOD e i dati forniti dal sito internet: <http://www.worldbank.org>

Dato quanto suggerito dalla letteratura, ci si aspetta dunque un coefficiente negativo nella regressione per il grado di apertura commerciale.

Al fine di migliorare l'adattamento della regressione, sono state inserite delle variabili *dummy*; queste consentono di cogliere ed inserire nel sistema di variabili anche fattori extrastatistici. Sono inoltre talvolta utilizzate al fine di anestetizzare l'effetto distorsivo di una variabile endogena del sistema che presenta una o più osservazioni anomale. Queste variabili *dummy* riguardano l'*emission trading sistem (ETS)* e la *recessione*:

- La variabile ETS è una dummy settoriale e temporale, in quanto assume valore 1 solo per i settori C, D- ed E a partire dal 2005 (anno in cui è entrata in vigore la policy)⁸. Apergis et.al. (2013), in un loro studio sulle emissioni relative alle imprese manifatturiere di tre Paesi europei, notano tuttavia una scarsa significatività statistica della variabile. L'effetto della dummy può essere valutato osservando le figure 4 e 5. La prima mostra la dinamica temporale di valore aggiunto, produttività del lavoro ed ore lavorate per i settori non interessati dalla policy ETS; la figura 5, invece, mostra lo stesso fenomeno ma relativo ai settori interessati dalla policy europea. Sebbene i due grafici siano abbastanza diversi, si noti come, in realtà, la figura 5 si assomigli molto alla figura 3, suggerendo che gli European Emission Trading Scheme siano ben focalizzati su settori che se non influenzano, almeno ricalcano il trend dell'intero apparato produttivo.

- La dummy recessione (REC) serve per controllare eventuali effetti distorsivi dovuti ad un trend economico negativo. La variabile assume valore uno quando l'intera economia dei paesi considerati è stata interessata da un tasso di crescita negativo del PIL di almeno - 1% o inferiore⁹.

⁸ Per la costruzione di questa dummy ci si è basati sulla seguente risorsa elettronica : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm, consultata online il 5/6/2013

⁹ Anche per questi dati si è utilizzata la banca dati reperibile all'indirizzo elettronico: <http://www.worldbank.com>

2.3 Modelli econometrici panel statici e dinamici

Considerando che l'analisi viene effettuata basandosi su un panel di dati, sembra opportuno utilizzare gli stimatori definiti dal *modello a effetti fissi* (Fixed effect model – FEM) e dal *modello a effetti casuali* (Random effects model – REM), includendo però la possibilità di modelli panel dinamici, data la lunghezza temporale del panel, e come test di robustezza delle stime statiche.

Brevemente, si ricorda come l'utilizzo dei modelli a effetti fissi e random è indicato per i dati di tipo *panel*, i quali si riferiscono allo studio dello stesso gruppo di soggetti (individui, imprese, stati ecc...) nel tempo.

L'ipotesi sottostante al modello FEM (o LSDV) è che le differenze fra i soggetti sono caratterizzate da differenze nella costante

Se si considera il soggetto i -esimo il modello ad effetti fissi si propone come di seguito:

$$y_i = \gamma_i + x_i S + v_i$$

dove la variabile dipendente y_i e il termine d'errore v_i hanno dimensione $T \times 1$, la variabile esplicativa x_i ha dimensione $T \times k$ e il vettore S è quello contenente k parametri da stimare.

La particolarità dell'equazione riguarda la costante che si presenta come un vettore di T elementi uguali ad γ_i ; questa peculiarità sta ad indicare innanzitutto che per ogni soggetto è necessario stimare un solo valore della costante e che, se essa risulta diversa da γ_j (per ogni $i \neq j$), misura l'effetto individuale, ovvero l'insieme di caratteristiche specifiche appartenenti a ciascun individuo che però restano invariate nel tempo.

Praticamente nel modello sono presenti in tutto $k + N$ parametri da stimare, k inseriti nel vettore S ed N costanti per i vari soggetti. Le costanti a cui si fa riferimento rappresentano l'eterogeneità presente tra i soggetti nel sistema, tratto distintivo dei *panel data*.

Il modello Lsdv è un metodo che permette, appunto, di tenere in considerazione l'eterogeneità di un certo numero di soggetti tramite l'assegnazione a ciascuno di questi soggetti della propria intercetta.

Il fatto che venga assegnato all'intercetta il pedice " i " significa che l'intercetta è diversa fra gli individui, ma non significa che essa vari nel tempo. Il modello è chiamato, infatti, ad effetti fissi proprio perché si assume che i coefficienti di inclinazione non cambino con il trascorrere del tempo.

Sempre in relazione alle *dummies*, se esse vengono introdotte solo per i dati cross-section si ottiene un *one-way fixed effect model*; mentre se vengono introdotte *dummies* anche per quanto riguarda le serie storiche

allora si ottiene *two-way fixed effect model*. L'aggiunta però di *dummies*, è bene precisare, va ad incidere sui gradi di libertà, nel senso che va a diminuirli e questo rende meno significativa la stima che si andrà ad effettuare.

Mediante il modello a effetti casuali (Random effects model - Rem) si assume non che l'eterogeneità sia costante nel tempo (come per i fixed effect model), ma che B_{1i} sia una variabile casuale con media B_1 e valore per ogni unità cross section uguale a $B_{1i} = B_1 + \epsilon_i$ dove ϵ_i è un errore stocastico $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Questa ipotesi ci fa assumere che il nostro campione sia una estrazione di una popolazione più grande.

Per avere certezza in merito alla maggior approbiabilità di un modello rispetto ad un altro si utilizza il Test di Hausman.

Esso assume come ipotesi nulla che i due modelli non differiscono; lo statistico utilizzato è la distribuzione asintotica χ^2 con gradi di libertà uguali al numero di regressori. Se il valore della chi-quadro calcolata eccede il valore critico di df (degree of freedom – gradi di libertà) ed livello di significatività dato, allora Rem non è appropriato perché può essere vero che ϵ_i sia correlato con uno o più dei regressori, quindi il Fem si preferisce al Rem.

Il modello dinamico Lsdvc, infine, nasce dall'esigenza di trovare una formulazione alternativa per correggere le deviazioni che affliggono l'estimatore Lsdv. Esso viene normalmente utilizzato per panel dati dinamici e non equilibrati, caratterizzato da regressori strettamente esogeni. La correzione delle deviazioni del modello Lsdv avviene attraverso due *steps*, in cui partendo dai residui costanti della prima stima, si arriva alla realizzazione di un secondo scenario di calcolo per la correzione delle deviazioni stesse (Bruno, 2004).

Col susseguirsi del tempo e degli apporti da parte di altri studiosi il modello in questione si è arricchito con Bun e Kiewit che riformularono l'approssimazione contenuta nel modello originale di Kiewit, con formule più semplici per ogni termine, e successivamente con Bruno (2004) che estese il modello auto regressivo per consentire le osservazioni mancanti.

3. Regressione e stime

Sulla base delle premesse fatte fino ad ora, l'equazione che andremo a stimare sarà la seguente:

$$\ln\left(\frac{CO_2}{VA}\right)_{it} = \ln(a) + b \ln(hL)_{it} + c \ln\left(\frac{VA}{hL}\right)_{it} + d \left[\ln\left(\frac{VA}{hL}\right)\right]_{it}^2 + e TO_{it} + f ETS_{it} + g REC_{it}$$

Dove CO_2/VA è l'intensità di emissioni di anidride carbonica, ovvero il rapporto tra emissioni e valore aggiunto del settore; hL sono le ore lavorate e VA/hL è la produttività del lavoro. Si è deciso di inserire anche il quadrato di quest'ultima variabile per testare eventuali relazioni a campana del tipo Kuznets Curve ed il trade openness dell'intera economia nazionale per testare gli effetti del grado di apertura commerciale sull'intensità di emissioni e, di conseguenza, verificare il fenomeno del Pollution Haven. Si noti inoltre la presenza di due dummies: la prima è una variabile temporale e cross-settoriale, che assume valore 1 per i settori C, D ed E a partire dal 2005 fino alla fine della serie storica; la seconda è una dummy inserita per controllare gli effetti del trend economico, in particolare la presenza di effetti distorsivi sulla regressione di un ciclo economico negativo/recessivo (REC). Essa assume valore 1 quando il tasso di crescita annuale dell'economia del Paese in questione assume un valore inferiore o uguale a -1%.

I pedici i e t stanno a indicare l' i -esima osservazione al tempo t .

In appendice (tabella A1) si trovano le caratteristiche descrittive delle variabili non dummies utilizzate e la descrizione degli acronimi usati per indicare tutte le variabili durante l'articolo (tabella A2).

3.1 Fixed effect model

Una prima stima dei coefficienti dei regressori è stata effettuata mediante il modello a effetti fissi.

Tabella 1: Regressioni con Fixed Effect Model

	Prima	Seconda	Terza	Quarta
ln(hL)	-0,9951*** (0,0439)	-0,9953*** (0,0439)		
ln(VA/L)	-0,9813*** (0,0367)	-0,9816*** (0,0367)	-0,2290*** (0,0162)	-0,2290*** (0,0162)
[ln(VA/L)] ²	-0,0005 (0,0021)	-0,0005 (0,0021)	0,0272*** (0,0018)	0,0272*** (0,0018)
TO	-0,0159*** (0,0043)	-0,0161*** (0,0042)	-0,0164*** (0,0044)	-0,0166*** (0,0044)
ETS	0,5718*** (0,1548)		0,5590*** (0,1589)	
REC	2,9752*** (0,1828)	2,9659*** (0,1822)	2,9820*** (0,1876)	2,9734*** (0,1870)
ETS no E		0,6468*** (0,1591)		0,6308*** (0,1633)
Costante	13,4999*** (0,7723)	13,5223*** (0,7712)	0,9258* (0,4491)	0,9079* (0,4472)

* p<0,05 **p<0,01 *** p<0,001

Fonte: dati WIOD

Su un dataset di 10292 osservazioni, la tabella 1 ci da' una prima stima dell'impatto che i driver economici scelti hanno sull'intensità di emissioni (CO2/VA). Gli asterischi ci indicano i valori di p-value per cui i risultati sono statisticamente significativi (in questo caso abbiamo dei p-value < 0,001).

La prima colonna indica i regressori e le colonne successive ci indicano le 4 regressioni effettuate.

Prima è stimata secondo un equazione che riprende fedelmente quella scritta ad inizio paragrafo.

Seconda utilizza una dummy della policy ETS diversa; essa infatti depura dagli effetti parzialmente distorsivi che può avere il settore E (produzione di energia) sul calcolo del coefficiente della dummy; questo settore, infatti, è sì un settore energivoro, ma è notoriamente un settore ad alto valore aggiunto, pertanto ci si aspetta che il coefficiente relativo all'ETS senza questo settore (ETS no E), abbia un valore "peggiore" rispetto a quello generale.

Terza e Quarta ricalcano rispettivamente le prime due equazioni, ma non considerano il logaritmo delle ore lavorate. L'esigenza di introdurre

anche queste equazioni sta nel fatto che le ore lavorate sono già introdotte nel computo della produttività del lavoro e la non significatività statistica del quadrato del logaritmo di quest'ultimo regressore, indica problemi di correlazione troppo elevata tra regressori.

I coefficienti in tabella rappresentano, coerentemente con quanto sostenuto in precedenza, i valori dell'elasticità ecologica.

In particolare notiamo che, quando includiamo le ore lavorate, il quadrato del logaritmo della produttività del lavoro perde significatività.

Le ore lavorate inciderebbero positivamente sull'intensità di emissioni. Il coefficiente negativo, infatti, ci indica che un aumento di ore lavorate porta ad una diminuzione dell'intensità delle emissioni (diminuzione di quasi 1% a fronte di un aumento dell'1% delle ore lavorate).

Anche la produttività del lavoro ha un impatto positivo sulle performance ambientali: l'elasticità ecologica è anche qui pari quasi al -1%.

Coerentemente con la letteratura, il grado di apertura commerciale è una forza che spinge verso migliori performance ambientali.

Passando all'analisi delle dummy inserite, notiamo che, coerentemente con quanto ci aspettavamo, la dummy ETS che non considera il settore energetico favorisce maggiormente l'incremento dell'intensità di CO₂ rispetto alla dummy ETS che lo comprende. Questa variabile dev'essere interpretata più che come l'effetto della policy sull'intensità di emissioni, come un regressore che ci indica quali sono i settori più inquinanti. Questo ha senso se si considera che l'European Union Emission Trading Scheme nasce proprio per regolare l'emissioni in quei settori che maggiormente inquinano.

Un ulteriore risultato interessante ci è dato dalla dummy relativa al trend economico. Coerentemente con la letteratura, se la crescita economica favorisce le performance ambientali (Edenhofer et al., 2005; Apergis et al., 2013), un trend economico negativo ha un impatto negativo su queste, facendo aumentare le emissioni di inquinanti. Questo ragionamento è maggiormente avvalorato dal fatto che l'intensità di emissioni (così come misurata in questa sede) è calcolata come il rapporto tra i dati settoriali delle emissioni effettive e del valore aggiunto. In congiuntura economica negativa, il valore aggiunto diminuisce, causando l'aumento dell'intera variabile.

Tuttavia, il valore elevato della costante (quasi 14 per le prime due equazioni), ci suggerisce di riformulare parzialmente il modello.

Togliendo dalla regressione le ore lavorate abbiamo prima di tutto una netta diminuzione del valore della costante, che diventa anche negativa.

Ma, cosa ben più importante, acquisisce significatività statistica la variabile $[\ln(\frac{VA}{L})]^2$, il che ci permette di valutare i risultati alla luce del framework teorico rappresentato dalla curva di Kuznets. Vale la pena analizzare solo i dati relativi alle produttività del lavoro, in quanto i coefficienti delle altre variabili sono in linea con le due precedenti stime.

Una prima lettura ci suggerirebbe l'esistenza di una forma esattamente contraria a quella della campana di Kuznets, in quanto il coefficiente negativo del regressando con esponente uno e quello del quadrato sono rispettivamente negativo o positivo. Ad un'iniziale diminuzione dell'intensità delle emissioni a fronte di un aumento della produttività del lavoro, si verificherebbe l'esistenza di un turning point che porterebbe verso un successivo aumento dell'intensità di CO₂ rilasciate nell'atmosfera. Si può dire che questo è corente con gli studi sulle emissioni di CO₂ già effettuati e precedentemente citati, ma è possibile dare un'altra interpretazione. L'aumento della produttività del lavoro fa sì che vi sia, almeno inizialmente, un aumento del valore aggiunto più che proporzionale rispetto alle emissioni prodotte. Tuttavia, proseguendo oltre il turning point l'aumento del valore aggiunto dovuto alla crescita della produttività smette di "superare" quello delle relative emissioni di inquinante, portando dunque all'aumento dell'intensità di emissioni.

3.2 Random Effect Model e Test di Hausman

È sembrato opportuno, per completezza statistica, effettuare le stesse stime con il modello ad effetti casuali, ma i risultati del relativo test di Hausman hanno stabilito la maggiore affidabilità del modello ad effetti fissi.

Tabella 2: Test di Hausman sulle 4 regressioni

Regressione	P>chi2	Modello preferito
Prima	0,0016	Effetti fissi
Seconda	0,0000	Effetti fissi
Terza	0,0000	Effetti fissi
Quarta	0,0000	Effetti fissi

Fonte: dati WIOD.

I risultati ottenuti e mostrati nella tabella 2 suggeriscono di continuare ad utilizzare il modello ad effetti fissi; tuttavia, la numerosità delle osservazioni e dunque le dimensioni del panel, suggeriscono di utilizzare

dei più affinati modelli di stima, si è ricorsi per questo al Least Square Dummy Variable Corrected.¹⁰

3.3 Least Square Dummy Variable Corrected (Lsdvc)

Le quattro equazioni stimate sono esattamente le stesse fin'ora utilizzate.

L'utilizzo del software Stata, inoltre, permette di scegliere tutti e tre gli stimatori Instrument Variable – Generalized method of moments indicati da Bruno (Anderson-Hsiao, 1982; Arellano-Bond, 1991; Blundell-Bond, 1998) ed il numero di ripetizioni da usare per calcolare la matrice varianza covarianza. Si è scelto di far calcolare 50 ripetizioni e si sono effettuate stime secondo tutti e tre gli stimatori sopra citati.

Qui si riportano solo i risultati delle stime effettuate con lo stimatore Arellano-Bond, in quanto i risultati ottenuti con le tre stime sono molto simili¹¹.

Prima di presentare la tabella con i relativi risultati, si consideri che questo modello non prevede una costante come il precedente ad effetti fissi, ma vi è il regressando ritardato, ovvero incontreremo il logaritmo del rapporto tra emissioni di CO₂ e valore aggiunto al tempo $t-1$, così l'equazione di stima diventa la seguente:

$$\ln\left(\frac{CO_2}{VA}\right)_{it} = \ln\left(\frac{CO_2}{VA}\right)_{it-1} + b \ln(hL)_{it} + c \ln\left(\frac{VA}{hL}\right)_{it} + d \left[\ln\left(\frac{VA}{hL}\right)\right]_{it}^2 + e TO_{it} + f ETS_{it} + g REC_{it}$$

¹⁰ Bruno G.S.F., 2004. Approximating the Bias of the LSDV Estimator for Dynamic Unbalanced Panel Data Models. Università Bocconi w.p. 2004-1.

¹¹ I dati sono comunque disponibili richiedendoli agli autori.

Tabella 3: Regressioni con il metodo Least Square Dummy Variable corrected

	Prima	Seconda	Terza	Quarta
L. ln(CO ₂ /VA)	0.1199*** (0.0094)	0.1197*** (0.0094)	0.1318*** (0.0097)	0.1316*** (0.0097)
ln(hL)	-0.9790*** (0.0467)	-0.9793*** (0.0467)		
ln(VA/L)	-0.9648*** (0.0368)	-0.9650*** (0.0367)	-0.2207*** (0.0178)	-0.2207*** (0.0178)
[ln(VA/L)] ²	-0.0010 (0.0022)	-0.0010 (0.0022)	0.0254*** (0.0019)	0.0254*** (0.0019)
TO	-0.0180*** (0.0042)	-0.0180*** (0.0042)	-0.0182*** (0.0043)	-0.0182*** (0.0043)
ETS	0.5785*** (0.1554)		0.5613*** (0.1604)	
REC	2.9175*** (0.2002)	2.9145*** (0.2031)	2.9271*** (0.2056)	2.9253*** (0.2086)
ETS no E		0.6368*** (0.1538)		0.6142*** (0.1587)

Fonte: dati WIOD

Nella tabella 3 si è indicato con L. ln (CO₂/VA) il regressando “ritardato” (*lagged* in inglese). Come si può notare esso ha un coefficiente positivo, il che indica una relazione di segno positivo tra l’intensità di emissione oggi ed il suo valore ieri. Il risultato è abbastanza ragionevole in quanto è facile immaginare che, come ogni tipo di performance, quelle di oggi dipendano da come ci si è comportati fino ad ora.

Come si può notare operando un veloce confronto con la tabella 1, non vi sono sostanziali variazioni nei risultati, il che conferisce maggior robustezza ai risultati ed alle interpretazioni fatte fino ad ora.

Si è deciso, a questo punto, di approfondire l’analisi del database wiod dividendo il dataset in due sotto campioni: l’Unione Europea a 15¹² ed i restanti 12 Paesi¹³

¹² Belgio, Francia, Germania, Italia, Paesi Bassi, Lussemburgo, Regno Unito, Danimarca, Irlanda, Grecia, Portogallo, Spagna, Austria, Svezia e Finlandia.

¹³ Cipro, Ungheria, Polonia, Estonia, Repubblica Ceca, Slovenia, Malta, Slovacchia, Lettonia, Lituania, Romania e Bulgaria.

3.4 Analisi per sottocampioni

Considerato che i problemi delle stime effettuate attraverso il semplice Lsdv potessero derivare soprattutto dall'eccessivo numero di osservazioni ed una volta osservato (attraverso il confronto con il Lsdvc) l'effettiva scarsa incidenza di tali problematiche, è ragionevole pensare che siano sufficienti delle stime effettuate con il normale modello ad effetti fissi per trovare regolarità all'interno di sottocampioni di osservazioni.

3.4.1 Unione Europea a 15 (Eu15)

A causa dei problemi relativi alla scarsa significatività statistica del quadrato del logaritmo della produttività del lavoro dovuti alla presenza delle ore lavorate, si è deciso di tralasciare quest'ultimo regressore e di focalizzare l'analisi sui sottocampioni solo sulle restanti variabili dell'equazione presentata ad inizio sezione.

Tabella 4: Regressioni sul sottocampione Eu15

	Terza	Quarta
ln(VA/L)	-0.2350*** (0.0192)	-0.2353*** (0.0192)
[ln(VA/L)] ²	0.0355*** (0.0026)	0.0355*** (0.0026)
TO	-0.0060 (0.0055)	-0.0060 (0.0055)
ETS	0.4683* (0.1974)	
REC	2.9424*** (0.2210)	2.9382*** (0.2203)
ETS no E		0.5187* (0.2030)
Costante	-1.7389*** (0.5140)	-1.7380*** (0.5120)

Fonte: dati WIOD

Nella tabella 4 si è continuato a indicare con Terza e Quarta le regressioni che ricalcano le medesime relative alla tabella 1.

Come si può notare non vi sono sostanziali differenze nella stima relativa ai soli paesi Eu15 rispetto al dataset totale, tuttavia spicca la non significatività dell'elasticità ecologica relativa al grado di apertura commerciale (TO). Questo dato può essere spiegato con l'esaurirsi del

fenomeno del pollution haven: i Paesi Eu15, chiaramente i più industrializzati dell'Unione Europea, non traggono più giovamento dalla delocalizzazione della produzione in altri paesi dove le regole ambientali sono più flessibili, rendendo il dato statisticamente non significativo.

3.4.2 Unione Europea a 12 (Eu12)

In questa sottosezione si prendono in considerazione i paesi dell'allargamento degli anni 2005 e 2007. Anche per questa tabella si continuano ad utilizzare i termini Terza e Quarta per indicare le due regressioni in cui non è presente il regressando delle ore lavorate.

Tabella 5: Regressioni sul sottocampione Eu12

	Terza	Quarta
ln(VA/L)	-0.2517*** (0.0293)	-0.2516*** (0.0293)
[ln(VA/L)] ²	0.0209*** (0.0026)	0.0209*** (0.0026)
TO	-0.0281*** (0.0071)	-0.0286*** (0.0071)
ETS	0.6995** (0.2591)	
REC	2.9434*** (0.3349)	2.9252*** (0.3337)
ETS no E		0.8050** (0.2661)
Costante	0.0644 (0.8154)	0.1191 (0.8116)

Fonte: dati WIOD

La tabella 5 mostra risultati simili alla precedente, con la differenza che il dato relativo al grado di apertura commerciale è statisticamente significativo. Questo significa che i Paesi Eu12 traggono beneficio dall'aumento del commercio estero; tuttavia non sembra plausibile giustificare il fenomeno con il principio del pollution haven. Infatti se questo valesse vorrebbe dire che in questi Stati operano delle imprese che delocalizzano la produzione; è invece risaputo che specie in Bulgaria e Romania sono spesso le imprese dei Paesi Eu15 che spostano parte della loro produzione (spesso quella maggiormente inquinante). Ma in questo caso il motivo non sembrerebbe ascrivibile allo sfruttamento di parametri

ambientali più vantaggiosi, quanto piuttosto al basso costo della manodopera. Vale a dire che la spiegazione di questo dato “positivo” sulla performance ambientale è ascrivibile al più generale trend che vede un miglioramento della qualità ambientale in seguito all’aumento del commercio internazionale (Grossman e Krueger, 1991, sulle performance ambientali dei Paesi che hanno sottoscritto l’accordo Nafta), da imputarsi in parte a delocalizzazione produttiva: questo è evidenza che richiede future e diverse verifiche empiriche.

4. Conclusioni

L’obiettivo che si proponeva questo lavoro era di testare l’esistenza delle Curve di Kuznets ambientali relativamente all’intensità di emissioni di anidride carbonica nei 27 Paesi dell’Unione Europea, mediante uso di un recente dataset settoriale e dinamico. L’ipotesi di ricerca primaria è inoltre arricchita da considerazioni ed analisi che toccano aspetti relativi alla relazione tra intensità emissiva settoriale, apertura commerciale, politiche ambientali (quali in primis EU ETS).

Sebbene di primo impatto la relazione non sembra verificarsi, analizzando più a fondo i risultati ottenuti si comprende come, in realtà, questi possano essere inseriti nel fenomeno secondo il quale vi è uno “scollegamento” (decoupling) tra dinamica economica e performance ambientale.

Le numerose stime effettuate hanno permesso di evidenziare una diminuzione dell’intensità di emissioni di anidride carbonica al crescere della produttività del lavoro, quindi una correlazione positiva tra performance ambientale ed economica. Date le definizioni di queste due variabili, tuttavia, si riscontra un trend esattamente opposto a quello teorizzato dalla letteratura sulle Ekc: dopo una prima fase in cui vi è un effettivo “scollegamento” tra crescita del driver economico e andamento della variabile ambientale, si riscontra la presenza di un turning point che volge la relazione verso un collegamento tra crescita della produttività del lavoro ed intensità di emissioni. Si può presentare il fenomeno secondo cui, in prossimità del turning point, esso non cresca più ad un tasso maggiore rispetto alle emissioni, provocando un peggioramento della performance ambientale.

Altri spunti interessanti emergono dall’analisi del grado di apertura commerciale. Si è potuta verificare l’effettiva esistenza di una dinamica ambientale positiva collegata all’aumento del grado di apertura commerciale; sebbene questo possa sembrare una conferma della teoria del pollution haven, si è riscontrato (attraverso l’analisi dei sottocampioni) che

la spiegazione possa anche essere ricercata altrove, in quanto proprio dai Paesi cui ci si aspetterebbe una maggiore incidenza del fenomeno (EU15), la variabile non ha significatività statistica: i settori europei in tal caso non delocalizzano, invece sembrano obbedire maggiormente a modelli 'Hechsker-Ohlin'. I paesi europei dell'ovest, al crescere del commercio, si specializzano nei settori più intensivi di capitale ed energia, quindi non delocalizzano riducendo le emissioni. Il commercio induce anche più emissioni interne, potenzialmente compensabili da dinamiche innovative, eventualmente guidate dalle policy (qui però non significative col segno auspicabile). Questo tema del legame tra trade e emissioni può quindi essere una questione da chiarire in successivi lavori.

Una piccola conferma sulla relazione teorizzata dalla letteratura sulle Ekc ci viene dalla dummy del trend economico: trovarsi in recessione porta, sia a livello di Europa a 27, che a livello di entrambi i sottocampioni ad un peggioramento delle performance ambientali.

Un'ultima postilla va fatta sulla dummy relativa all'European Emission Trading Scheme, che richiama direttamente il tema delle policy. La dummy è stata costruita in accordo con altri lavori recenti (Apergis et al. 2013) e come questi, ha fornito risultati controintuitivi. Sebbene abbia forte significatività statistica, la variabile presenta un coefficiente positivo, suggerendo che la policy ha un impatto negativo sulla performance ambientale. Tuttavia, se si considerano le difficoltà che si sono avute nell'effettiva implementazione delle policy e che la stragrande maggioranza dei permessi vengono allocati mediante *Grandfathering*¹⁴, è facile comprendere come la variabile possa restituire risultati controintuitivi. Alla presenza, comunque, di una forte caratterizzazione emissiva dei settori ETS, che definiscono l'industria pesante per definizione.

¹⁴ Ovvero mediante meccanismi di allocazione gratuita.

Bibliografia

- Anderson, T.W., Hsiao, C. (1982). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics*, 18: 47-82, doi: 10.1016/0304-4076(82)90095-1
- Apergis, N., Eleftheriou S., Payne, JE. (2013). The relationship between international financial reporting standards, carbon emissions, and R&D expenditures: Evidence from European manufacturing firms. *Ecological Economics*, 88: 57-66, doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.12.024
- Arellano, M., Bond, S. (1991) Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of economic studies*, 58: 277-297, doi: 10.2307/2297968
- Blundell R., Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87: 115-143, doi: 10.1016/S0304-4076(98)00009-8
- Bruno G.S.F., 2004. Approximating the Bias of the LSDV Estimator for Dynamic Unbalanced Panel Data Models. Università Bocconi w.p. 2004-1.
- Cole, M. A. (2003). Development, Trade, and the Environment: How Robust is the Environmental Kuznets Curve? *Environment and Development Economics*, 8(4): 557-79, doi: 10.1017/S1355770X0300305
- Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets Curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48: 71-81, doi: 10.1016/j.ecolecon.2003.09.007
- Costantini V. Mazzanti M. 2013, *The Dynamics of Economic and Environmental Systems. Innovation, Policy and Competitiveness*, Springer.
- Dean, J. M. (2002). Does Trade Liberalization Harm the Environment? A New Test. *Canadian Journal of Economics*, 35(4): 819-842, doi: 10.1111/0008-4085.00155
- Edenhofer, O., Bauer, N., Kriegler, E. (2005). The impact of technological changes on climate protection and welfare: insights from the model MIND. *Ecological Economics*, 54: 277-292, doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.12.030
- Gilli, M., Mazzanti, M., Nicolli, F. (2013). Sustainability and competitiveness in evolutionary perspectives: Environmental innovations, structural change and economic dynamics in the EU. *Journal of Socio-Economics*, 45: 204-215, doi: 10.1016/j.socec.2013.05.008
- Grossman, G.M., Krueger, A. (1991). Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. Working paper 3914. *National Bureau of Economic Research. Cambridge, MA*.
- Gujurati D. (2011). *Econometrics by example*. UK. Palgrave Macmillan
- Harbaugh, WT., Levinson, A., Molloy Wilson, D. (2002). Reexamining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve. *The review of economics and statistics*, 84(3): 541-551, doi: 10.1162/003465302320259538

- Hettige, H., Lucas R.E.B., Wheeler, D. (1992). The Toxic Intensity of Industrial Production: Global Patterns, Trends, and Trade Policy. *American Economic Review*, 82(2): 478–481.
http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm
<http://www.worldbank.org>
- Kuznets, S. (1955) Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45 (1): 1-28
- Marin, G., Mazzanti, M (2013). The evolution of environmental and labor productivity dynamics. Sector based evidence from Italy. *Journal of evolutionary economics*, 1-43, doi: 10.1007/s00191-010-0199-8
- Mazzanti M. Nicolli F. (2012), IL RUOLO SOCIALE ED ECONOMICO DELLE IMPRESE E DEI SETTORI TRA 'POLITICHE' GLOBALI E LOCALI DI SOSTENIBILITÀ: LE STRATEGIE EUROPEE, L'INNOVAZIONE AMBIENTALE E LA PRODUZIONE DI BENI PUBBLICI, *Economia dei Servizi*, Dicembre.
- Mazzanti, M., Zoboli, R (2009). Environmental efficiency and labour productivity: Trade-off or joint dynamics? A theoretical investigation and empirical evidence from Italy using NAMEA. *Ecological Economics*, 88: 1182-1194, doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.08.009
- Mazzanti M. Musolesi A. 2013, Carbon Kuznets curves for advanced countries, *Applied Economics*, i-first (September)
- Mazzanti M. Musolesi A. Zoboli R., 2010, A Bayesian Approach to the estimation of EKC for CO₂, *Applied Economics*, 42, 2275-87.
- Roca, J. (2003). Do Individual Preferences Explain the Environmental Kuznets Curve? *Ecological Economics*, 45(2): 3–10, doi: 10.1016/S0921-8009(02)00263-X
- The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. (2012). Seventh Framework Programme. Founded by European Commission
- Torras, M., Boyce J.K. (1998). Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2): 147–160, doi: 10.1016/S0921-8009(97)00177-8
- Yandle, B., Bhattarai, M., Vijayaraghavan, M. (2004). Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications. *Research Study*, 02-1
- Yandle, B., Morriss, A. (2001). The Technologies of Property Rights: Choice Among Alternative Solutions to Tragedies of the Commons. *Ecology Law Quarterly*, 28(1): 123–68
- York, R., Rosa, E.A., Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46: 351- 365, doi: 10.1016/S0921-8009(03)00188-5

Appendice

Tabella A1: Caratteristiche descrittive delle variabili utilizzate

Variabile	Media	Minimo	Massimo
$\ln(\text{CO}_2/\text{VA})$	-0,9484604	-17,05611	21,66033
$\ln(\text{hL})$	15,18825	-5,884937	18,42016
$\ln(\text{VA/L})$	-1,943322	-20,6589	17,4243
$[\ln(\text{VA/L})]^2$	30,31626	1,53e-07	426,7902
TO	104,8703	44,24652	333,5322

Fonte: rielaborazione autori su dati Wiod

Tabella A2: Descrizione degli acronimi usati per indicare le variabili

Variabile	Descrizione
$\ln(\text{CO}_2/\text{VA})$	Logaritmo naturale dell'intensità di emissioni
$\ln(\text{hL})$	Logaritmo naturale delle ore lavorate
$\ln(\text{VA/L})$	Logaritmo naturale della produttività del lavoro
TO	Grado di apertura commerciale
ETS	Dummy che assume valore 1 per i settori e per gli anni interessati dalla policy European Emission Trading Scheme
REC	Dummy che indica la presenza di ciclo economico negativo (assume uno quando il tasso di crescita del Pil < - 1%)
ETS no E	Dummy con valore uno per gli anni e per i settori (eccetto l'energetico) interessati dalla policy European Emission Trading Scheme