



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"**

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN
ECONOMIA E MANAGEMENT**

PROVA FINALE

**RISCALDAMENTO GLOBALE, EMISSIONI DI CO₂ E *CARBON
INTENSITY OF ENERGY***

RELATORE:

CH.MO PROF. CESARE DOSI

LAUREANDO/A: ARIANNA CROCETTI

MATRICOLA N. 1066029

ANNO ACCADEMICO 2015 – 2016

Introduzione.....	3
CAPITOLO 1.....	4
Il riscaldamento globale e i gas serra	4
1.1 Il riscaldamento globale	4
1.2 I gas serra	7
1.3 L'anidride carbonica	7
1.4 Andamenti globali delle emissioni di CO ₂	10
CAPITOLO 2.....	14
Emissioni di CO₂ e <i>Kaya Identity</i>.....	14
2.1 L'identità di Kaya.....	14
2.1.1 Definizione.....	14
2.1.2 I fattori determinanti	15
2.1.3 Coupling e Decoupling	17
2.2 Carbon intensity of energy.....	21
CAPITOLO 3.....	26
Il <i>fuel mix</i>: Stati Uniti e Cina.....	26
3.1 Gli Stati Uniti d'America	26
3.1.1 Cambiamenti nel fuel mix.....	27
3.1.2 Il Climate Action Plan	30
3.2 La Cina	31
3.2.1. Cambiamenti nel fuel mix.....	32
Considerazioni finali	35
Bibliografia.....	36

Introduzione

Contrastare i cambiamenti climatici rappresenta una delle principali sfide per l'umanità. Negli ultimi decenni, le emissioni di gas serra sono considerevolmente aumentate, nonostante i moniti della comunità scientifica: le sole emissioni di CO₂ hanno raggiunto nel 2015 il livello record di 32.190 tonnellate (IEA, 2015).

Come ha scritto Papa Francesco nella sua enciclica *Laudato Si*, "l'umanità è chiamata a prendere coscienza della necessità di cambiamenti di stili di vita, di produzione e di consumo, per combattere questo riscaldamento o, almeno, le cause umane che lo producono o lo accentuano." Qualche segnale positivo è venuto dalla 21[°] Conferenza della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico tenutasi a Parigi alla fine del 2015, al termine della quale i delegati di 195 paesi hanno sottoscritto un accordo attraverso cui i governi s'impegnano ad adottare misure volte a mantenere l'aumento della temperatura media terrestre entro i 2° C.

In questo lavoro ci proponiamo di descrivere i fattori che hanno determinato l'andamento delle emissioni di CO₂ negli ultimi decenni (1990-2013). A tal fine, ci avvarremo prevalentemente della cd. *Kaya identity*, attraverso la quale è possibile ricondurre la dinamica delle emissioni alle variazioni della popolazione, delle attività economiche (PIL pro capite), dell'efficienza energetica (energia primaria utilizzata per unità di PIL) e della quantità di emissioni per unità di energia impiegata (*carbon intensity of energy*). Concentreremo poi l'attenzione su quest'ultimo indicatore, descrivendo i cambiamenti intervenuti nel *fuel mix* a livello planetario e in alcune importanti economie (USA e Cina).

CAPITOLO 1

Il riscaldamento globale e i gas serra

In questo primo capitolo introdurremo il tema del riscaldamento globale, analizzandone cause e conseguenze. Focalizzeremo poi l'attenzione sulle emissioni di CO₂ e sull'andamento di queste nel periodo compreso tra il 1970 e il 2013.

1.1 Il riscaldamento globale

Nell'ultimo secolo la temperatura della superficie terrestre è aumentata in modo crescente. Il periodo tra il 1983 e il 2012 è stato caratterizzato dalle temperature più elevate negli ultimi 1400 anni (IPCC, 2014). La temperatura media globale della superficie terrestre, considerando anche le temperature degli oceani, mostra un aumento di 0,85 [da 0,65 a 1,06] C° nel periodo compreso tra il 1880 e il 2012, come viene calcolato dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), illustrato dalle [Figure 1.1](#) e [1.2](#).

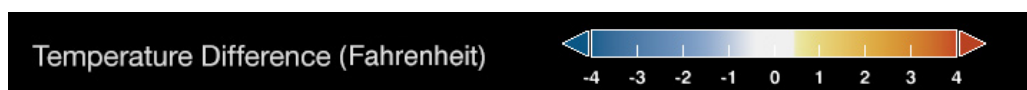


Figura 1.1 Temperatura globale: 1884

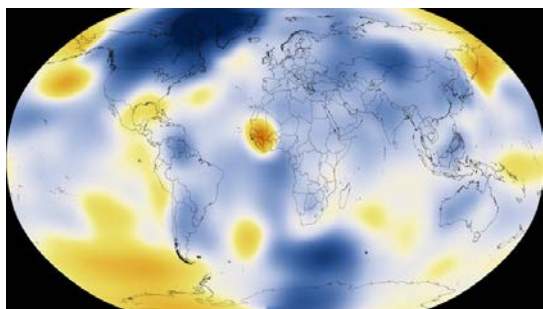
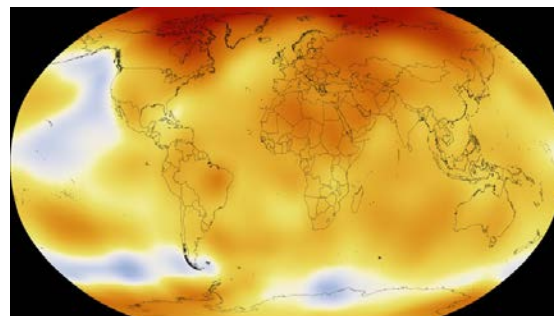


Figura 1.2 Temperatura globale: 2012



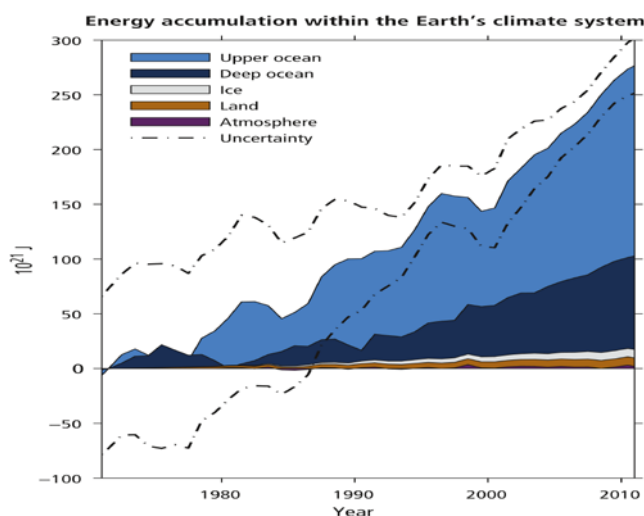
Fonte: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

Questi sconvolgimenti così rapidi delle temperature hanno comportato varie conseguenze.

- Si può innanzitutto notare come ad immagazzinare più del 90% dell'energia accumulata tra il 1971 e il 2010 siano stati gli oceani, contro solo l'1% accumulata dall'atmosfera. Su scala globale, il riscaldamento degli oceani è maggiore vicino alla superficie (75 metri di

profondità), dove si è verificato un aumento delle temperature di 0,11 C° per decennio (IPCC, 2014) (Figura 1.3).

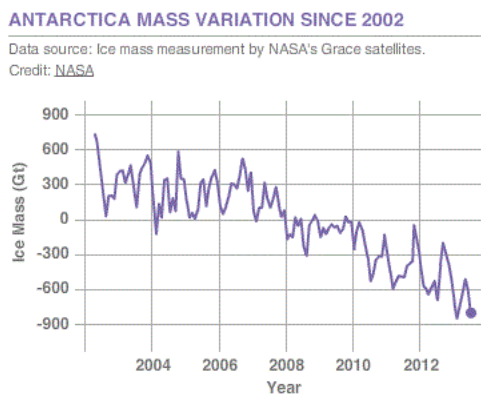
Figura 1.3 Energia accumulata dal sistema climatico (1971-2010)



Fonte: http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_observedchanges.php

- Le distese glaciali dell'Antartide e della Groenlandia continuano a sciogliersi, perdendo massa e riducendo la loro estensione. Secondo i dati presi dal *NASA's Gravity Recovery and Climate Experiment* "Greenland lost 150 to 250 cubic kilometers (36 to 60 cubic miles) of ice per year between 2002 and 2006, while Antarctica lost about 152 cubic kilometers (36 cubic miles) of ice between 2002 and 2005" (climate.nasa.gov) (Figura 1.4).

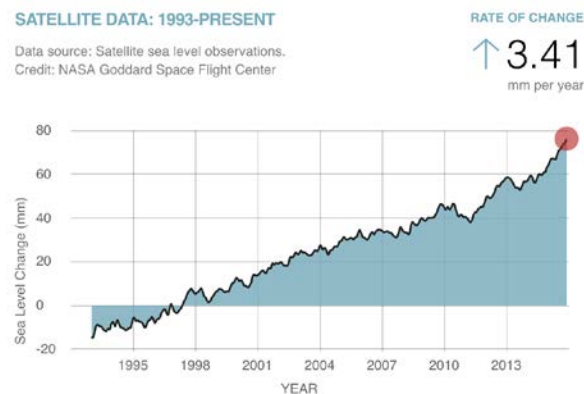
Figura 1.4 Variazione di massa nell'Antartide dal 2002



Fonte: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/land-ice/>

- Come diretta conseguenza del massiccio scioglimento di questi ghiacciai si è assistito all'aumento del livello medio del mare. La media globale del livello del mare tra il 1901 e il 2010 è aumentata di 0,19 metri. Il tasso di crescita del livello del mare in questo periodo è stato più alto del tasso di crescita medio dei precedenti due millenni (IPCC, 2014) (Figura 1.5).

Figura 1.5 Osservazioni satellitari sul livello del mare



Fonte: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

- Come le grandi distese di ghiaccio, anche i ghiacciai si stanno ritirando (NASA, Global Climate Change). L'aumento della temperatura globale ha aumentato sensibilmente la quota delle nevi perenni e ha determinato una fusione più rapida del manto nevoso. I più a rischio sono i piccoli ghiacciai, come ad esempio quelli nelle Alpi o nelle catene montuose di basse o medie latitudini.
- Tra le altre conseguenze, ricordiamo una serie di eventi meteorologici estremi, come ad esempio un forte aumento di inondazioni e alluvioni o, ancora, la formazione sempre più frequente di uragani e tempeste.

In generale, tutti questi eventi indicano che i danni prodotti dal cambiamento climatico in atto sono significativi e andranno sempre aumentando nel tempo. E' questo infatti ciò che sostengono gli oltre 1.300 scienziati dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC): le temperature globali aumenteranno nei prossimi decenni, con picchi di oltre 10 gradi Fahrenheit entro il prossimo secolo.

1.2 I gas serra

Tra le varie cause del riscaldamento globale, dopo aver ricordato quelle riconducibili a mutamenti periodici dell'asse orbitale del pianeta Terra o quelle collegate alle eruzioni vulcaniche, dobbiamo inevitabilmente sottolineare, come fa il 97% dei climatologi, che “most of the warming in recent decades can be attributed to human activities” (IPCC, 2001)

Quest'ultimo è un fenomeno naturale e positivo per la vita del nostro pianeta: permette infatti che il calore emesso dalla superficie terrestre e dagli oceani venga in parte trattenuto e faccia aumentare le temperature, rendendo così possibile la vita sulla Terra. Tra i principali gas serra vi sono:

- l'anidride carbonica (CO_2): gas che viene rilasciato nell'atmosfera sia naturalmente, a seguito dei processi di respirazione delle piante o a seguito di eruzioni vulcaniche, sia a causa di particolari attività umane, come deforestazione, cambiamenti d'uso delle superfici agricole e l'uso di energia fossile, ossia petrolio, carbone e gas naturale (epa.gov);
- il metano (CH_4): gas rilasciato grazie ad attività agricole, ad estrazioni di combustibili fossili e a tutti quei trasporti che emettono CH_4 (epa.gov);
- il protossido d'azoto (N_2O): gas che viene rilasciato nell'atmosfera a causa di attività agricole, in particolare l'uso di fertilizzanti, e di combustioni di biomassa (epa.gov).

“Since the Industrial Revolution began around 1750, human activities have contributed substantially to climate change” (epa.gov) iniettando nell'atmosfera questi gas serra e, in particolare CO_2 , aumentando l'effetto serra e causando l'innalzamento delle temperature terrestri (IPCC, 2014).

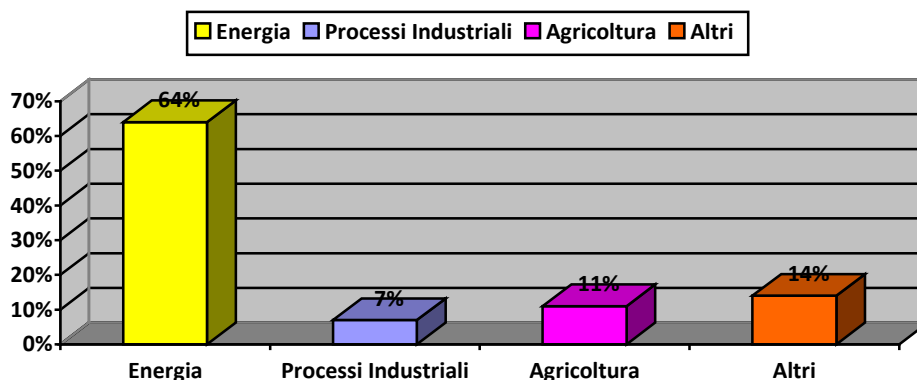
1.3 L'anidride carbonica

Tra i gas citati, concentreremo la nostra attenzione sull'anidride carbonica, che rappresenta circa i tre quarti delle emissioni totali di gas serra (epa.gov).

Le concentrazioni di CO_2 nell'atmosfera sono aumentate significativamente nell'ultimo secolo: nel 2014 il livello di CO_2 (397 ppm) era più alto del 40% rispetto a quello del 1800, con una crescita media di 2ppm/anno negli ultimi dieci anni (iea.org). Secondo le ultime misurazioni del

NASA's *Orbiting Carbon Observatory*, a Maggio del 2016 le emissioni di CO₂ hanno raggiunto il picco di 404.36 ppm.

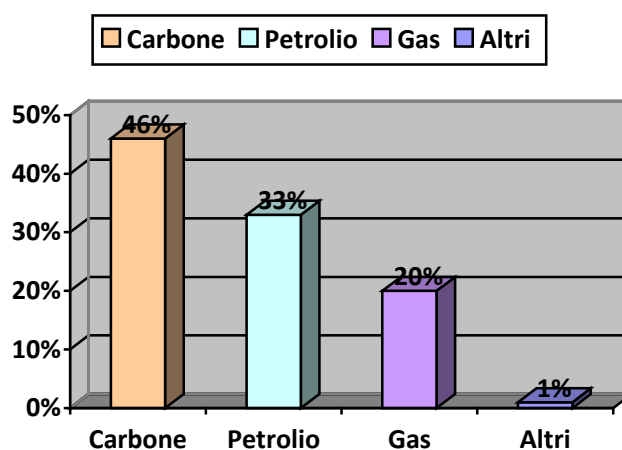
Figura 1.6 Totali emissioni di gas serra



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

“Human influence on the climate system is clear” (IPCC, 2014, p. 2), e tra tutte le attività umane capaci di rilasciare nell’atmosfera gas serra, solo una piccola parte può essere collegata ai processi industriali o all’attività di agricoltura, principali produttrici di CH₄ e N₂O; è invece l’uso di combustibili fossili a rappresentare la più grande fonte di emissioni e, in particolare, proprio di CO₂ (Figura 1.6).

Figura 1.7 Emissioni di CO₂ per combustibile



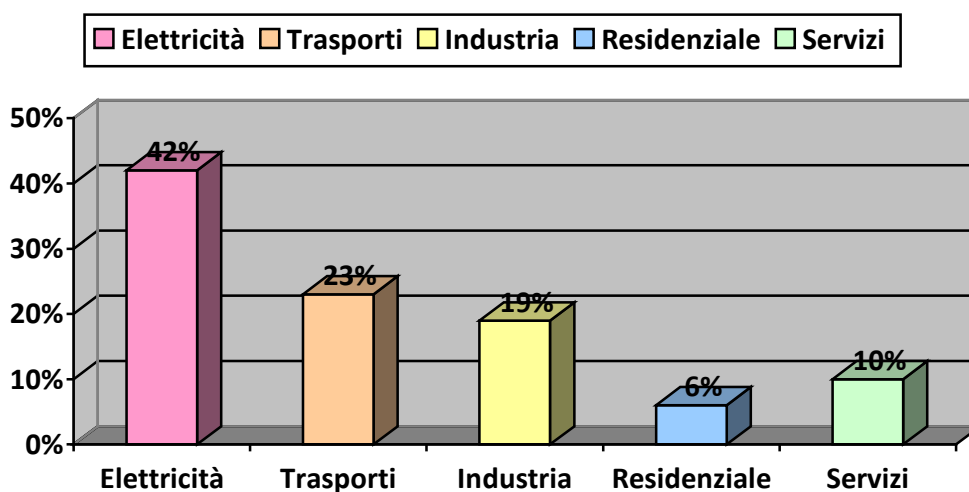
Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

In generale è il carbone il principale responsabile dell'emissioni di CO₂ (circa il 46% delle emissioni globali), sebbene rappresenti solo il 29% delle fonti di energia; il petrolio, la fonte di energia più utilizzata (31%), è responsabile del 33% delle emissioni globali. Infine vi è il gas naturale, che rappresenta circa il 21% dell'energia utilizzata ed è responsabile del 20% delle emissioni globali (IEA, 2015) ([Figura 1.7](#)).

Tra gli anni '80 e i primi anni 2000 erano il petrolio e il carbone a dominare tra i “produttori” di emissioni, entrambi responsabili di circa il 40% delle emissioni globali, e con le emissioni derivanti dal petrolio sempre lievemente superiori rispetto a quelle derivanti dal carbone. A partire dal 2002, invece, grazie soprattutto all'affermarsi dei nuovi Paesi in via di sviluppo, come Cina e India, che come fonte di energia utilizzano in gran parte carbone, le emissioni di CO₂ provenienti dalla combustione di quest'ultimo sono aumentate dal 40% al 46% (nel periodo compreso tra il 2002 e il 2013), mentre quelle derivanti dal petrolio sono diminuite dal 39% al 33% (IEA, 2015).

Per quanto riguarda invece i settori più rilevanti e in cui è più elevato il livello di CO₂ emessa, secondo i dati dell'*International Energy Agency*, circa i due terzi delle emissioni globali provengono dall'elettricità e dalla generazione di calore (circa il 42%) e dal settore dei trasporti (circa il 23%); il settore industriale, quello residenziale e quello dei servizi sono responsabili di un terzo delle emissioni globali ([Figura 1.8](#)).

Figura 1.8 Emissioni di CO₂ per settori



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

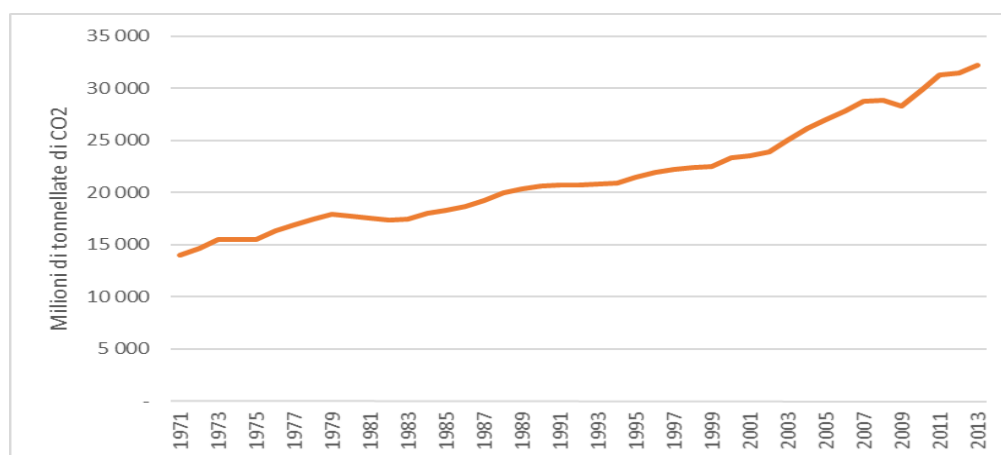
La generazione di elettricità e calore viene realizzata facendo ampio ricorso alla combustione del carbone, che, come già sottolineato, è il combustibile con la più alta capacità di emissione di anidride carbonica. Tra il 2012 e il 2013 le emissioni derivanti dalla produzione di elettricità e calore è aumentata del 2.1%, percentuale quasi corrispondente a quella dell'aumento delle emissioni totali (IEA, 2015).

In generale tra il 2000 e il 2013 si è assistito ad un aumento delle emissioni globali causato da questo settore pari al 50%. Si devono però distinguere i trend di alcuni Paesi che negli ultimi anni si sono distinti per il cambio nel “*fuel mix*” utilizzato per la produzione di elettricità. In Europa e nel Nord America, infatti, nell'ultimo decennio vi è stata un'importante riduzione delle emissioni (pari circa al 20%) dovuto, oltre all'efficientamento energetico, anche ad un cambiamento nelle risorse utilizzate: queste economie si sono orientate sempre più verso l'utilizzo del gas naturale e di risorse rinnovabili, come l'energia eolica e l'energia solare (rispettivamente +9% e +26% tra il 2013 e il 2014 nei Paesi OCSE). Dall'altra parte nei Paesi dell'Asia e dell'Oceania si è verificato il contrario: un importante incremento in emissioni derivanti da questo settore. In particolare si può evidenziare il caso della Cina che, dal 2000, ha quasi quadruplicato la sua produzione di elettricità, attraverso lo sfruttamento del carbone (IEA,2015).

Per quanto riguarda i trasporti, è il settore stradale quello con il più alto tasso di crescita nelle emissioni (circa il 68% in più dal 1990) e che attualmente è causa dei tre quarti delle emissioni totali derivanti dal settore dei trasporti.

1.4 Andamenti globali delle emissioni di CO₂

Figura 1.9: Emissioni globali di CO₂ tra il 1971 e il 2013 (in milioni di tonnellate)

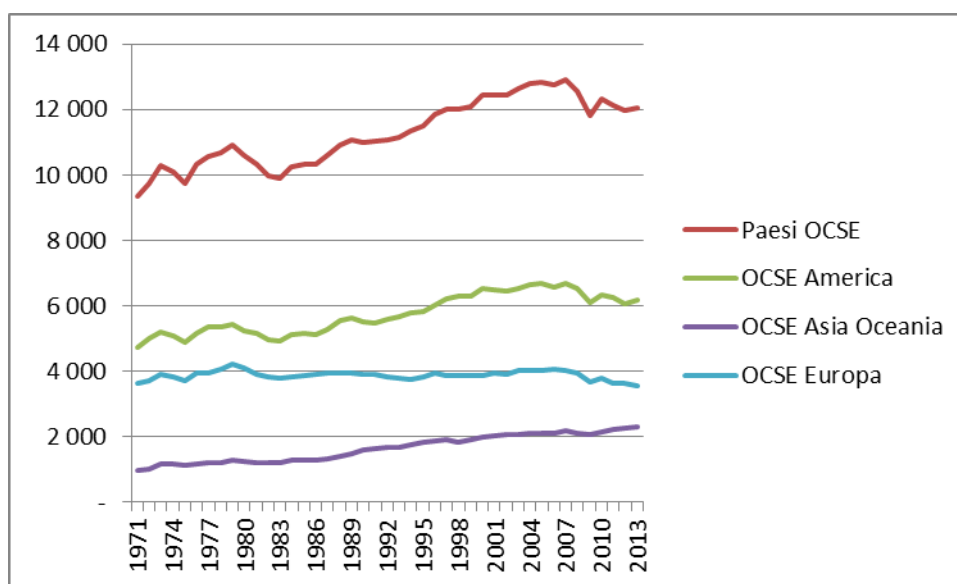


Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

In generale possiamo notare una crescita “esponenziale” delle emissioni globali di CO₂ tra il 1971 e il 2013, con un aumento del 130%: nel 1971 queste erano pari a 13.995 milioni di tonnellate, mentre nel 2013 sono arrivate a 32.190 milioni di tonnellate (Figura 1.9).

Tra il 1971 e il 1981 le emissioni sono aumentate del 25%, tra il 1981 e il 1991 il tasso di crescita è stato inferiore (19%), tra il 1991 e il 2001 è stato ancora più basso (13,5%), e, infine, tra il 2001 e il 2013 le emissioni sono aumentate nuovamente di un tasso significativo pari al 36%.

Figura 1.10: Emissioni di CO₂ nei Paesi OCSE tra il 1971 e il 2013 (in milioni di tonnellate)



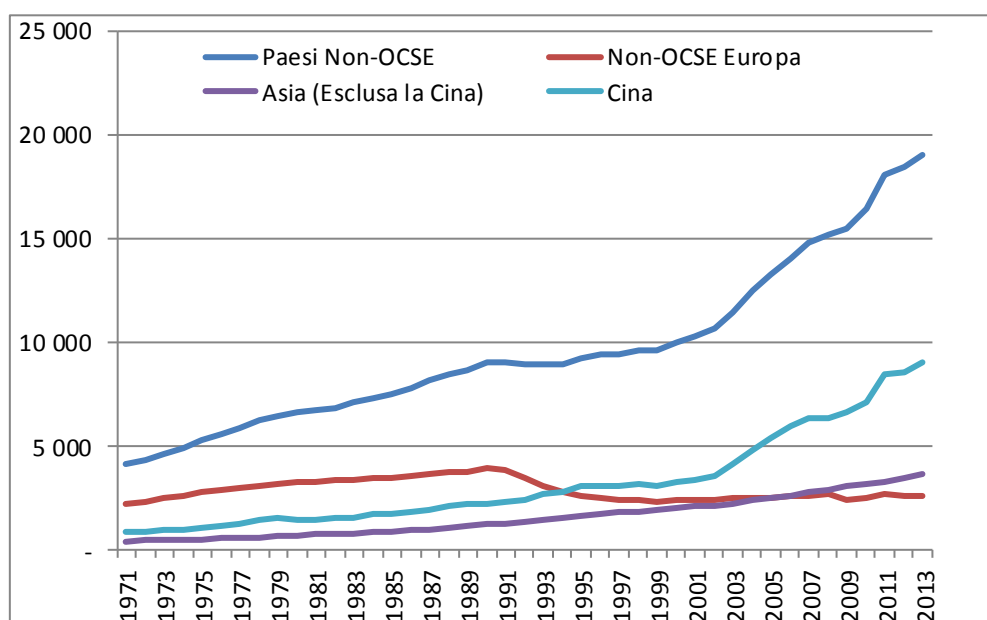
Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Solo in concomitanza di alcune date o eventi particolari, assistiamo a variazioni negative delle emissioni globali. Possiamo notare, infatti, nel 1974 un tasso negativo (-0,2%), dovuto alla recessione economica verificatasi tra il 1973 e il 1975, che poneva fine al boom economico del dopo guerra; nel 1980, la crisi economica in America ha portato ad una diminuzione delle emissioni pari all'1%, con ulteriori diminuzioni nei due anni successivi; lo stesso è accaduto poi nel 1992, con una nuova recessione dell'economia americana e con una lieve riduzione delle emissioni pari allo 0,2%; infine, la più grande riduzione delle emissioni, pari all'1,9%, si è verificata a seguito della grande crisi finanziaria del 2007.

Nei Paesi OCSE¹ la crescita è stata costante e i tassi di crescita negativi si riscontrano negli stessi periodi precedentemente citati (Figura 1.10). E' interessante però notare come negli ultimi anni le emissioni siano andate riducendosi: nel 2013, infatti, le emissioni sono state pari a 12.038 milioni di tonnellate, inferiori del 6,7% rispetto al livello massimo di emissioni raggiunto dai Paesi OCSE nel 2007, anno di inizio della crisi finanziaria, in cui queste erano pari a 12.907 milioni di tonnellate.

Più nel dettaglio, si può evidenziare come nei Paesi OCSE dell'Asia e dell'Oceania vi sia stato un aumento delle emissioni. Differente è stata invece negli ultimi anni la situazione in Europa, dove si è verificata una riduzione di queste.

Figura 1.11: Emissioni di CO₂ nei Paesi Non-OCSE tra il 1971 e il 2013 (in milioni di tonnellate)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Entrando più nello specifico, è opportuno analizzare l'andamento delle emissioni di anidride carbonica tra il 1971 e il 2013 distinguendo tra i Paesi OCSE e i Paesi Non-OCSE.

¹ Paesi OCSE: Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Olanda, Islanda, Portogallo, Regno Unito, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, U.S.A.; cui si sono successivamente uniti Giappone, Finlandia, Australia, Nuova Zelanda, Messico, Repubblica Ceca, Ungheria, Polonia, Corea del Sud, Repubblica Slovacca, Cile, Slovenia, Israele, Estonia.

Nei Paesi Non-OCSE si osserva una crescita rapida ed esponenziale delle emissioni di anidride carbonica: un minaccioso aumento del 361% tra il 1971 e il 2013 (Figura 1.11). La maggior parte di questa crescita non è tanto dovuta ai Paesi Non-OCSE dell'Europa, in cui si assiste piuttosto ad una riduzione delle emissioni a partire dal 1991, quanto ai Paesi dell'Asia, e, in particolare alla Cina che nel 2013 è riuscita a raggiungere un livello di emissioni dieci volte superiore a quello del 1971, diventando il Paese con il più alto livello di emissioni al mondo.

CAPITOLO 2

Emissioni di CO₂ e *Kaya Identity*

Dopo aver analizzato brevemente gli andamenti globali delle emissioni di CO₂, in questo capitolo proveremo ad esprimere questi andamenti attraverso l'identità di Kaya, scomponendo le emissioni nei diversi fattori determinanti e analizzando l'impatto che questi hanno avuto sul livello di emissioni totali.

2.1 L'identità di Kaya

2.1.1 Definizione

L'identità di Kaya è stata proposta nel 1997 da Yoichi Kaya, un economista giapponese, ed è tutt'ora uno dei modelli più utilizzati dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* per descrivere e formulare previsioni sull'andamento delle emissioni.

L'obiettivo dell'identità è quello di scomporre le emissioni totali in quattro fattori considerati determinanti per l'andamento delle stesse:

- la popolazione;
- il PIL pro capite;
- l'intensità energetica dell'economia, ossia l'energia consumata per unità di Pil;
- le emissioni di anidride carbonica per unità di energia consumata.

Questi fattori sono relazionati tra loro nel seguente modo:

$$C \cong P \times G/P \times E/G \times C/E$$

dove P rappresenta la popolazione, G rappresenta il PIL, E il consumo di energia primaria, ossia l'energia presente in natura, che non deriva dalla trasformazione di nessun'altra forma di energia, e C le emissioni di CO₂.

Prima di procedere con l'analisi dei singoli fattori, alcune precisazioni sull'uso di questa identità devono essere fatte: i quattro termini del lato destro dell'equazione non devono essere

considerati né come fattori determinanti in sé, né come fattori totalmente indipendenti tra loro (IPCC, 2000).

Ad esempio, anche se l'identità suggerisce che le emissioni crescano linearmente con la crescita della popolazione, quest'ultimo fattore in realtà dipende anche da interazioni con la crescita economica, così come con la tecnologia, il livello dell'educazione, dei salari e della sanità (IPCC, 2000). Tutte queste interazioni, quindi, precludono una semplice relazione lineare tra CO₂ e popolazione, così come accade anche per gli altri fattori. Per questo motivo non calcoleremo con esattezza le variazioni di CO₂, ma ci limiteremo ad osservare che, intuitivamente, la crescita/riduzione di uno dei fattori porterà ad una crescita/riduzione anche nel livello di emissioni totali.

2.1.2 I fattori determinanti

Entrando più nello specifico e con maggiore attenzione nei quattro fattori rilevanti, possiamo facilmente notare che la crescita della popolazione porta di per sé ad una crescita delle emissioni: molto semplicemente, infatti, più persone hanno bisogno di più energia, più elettricità, più riscaldamento, più trasporti e così via.

In stretto collegamento con l'aumento della popolazione vi è poi l'aumento della produzione, e quindi la crescita economica e del PIL pro-capite, altro fattore determinante per il livello di emissioni totali: ancora una volta, infatti, per una maggiore produzione e per delle economie più sviluppate, che implicano anche maggiori scambi commerciali, c'è bisogno dell'utilizzo di maggiori fonti di energia.

Meno intuitivo è invece l'impatto che gli ultimi due termini dell'identità possono avere sul livello di CO₂ nell'atmosfera. Il terzo termine, E/G, rappresenta l'intensità e l'efficienza energetica di un'economia, calcolata in unità di energia primaria per unità di PIL. Un'alta intensità energetica indica degli alti costi di conversione dell'energia in PIL; al contrario, un basso livello di E/G indica dei bassi costi di conversione.

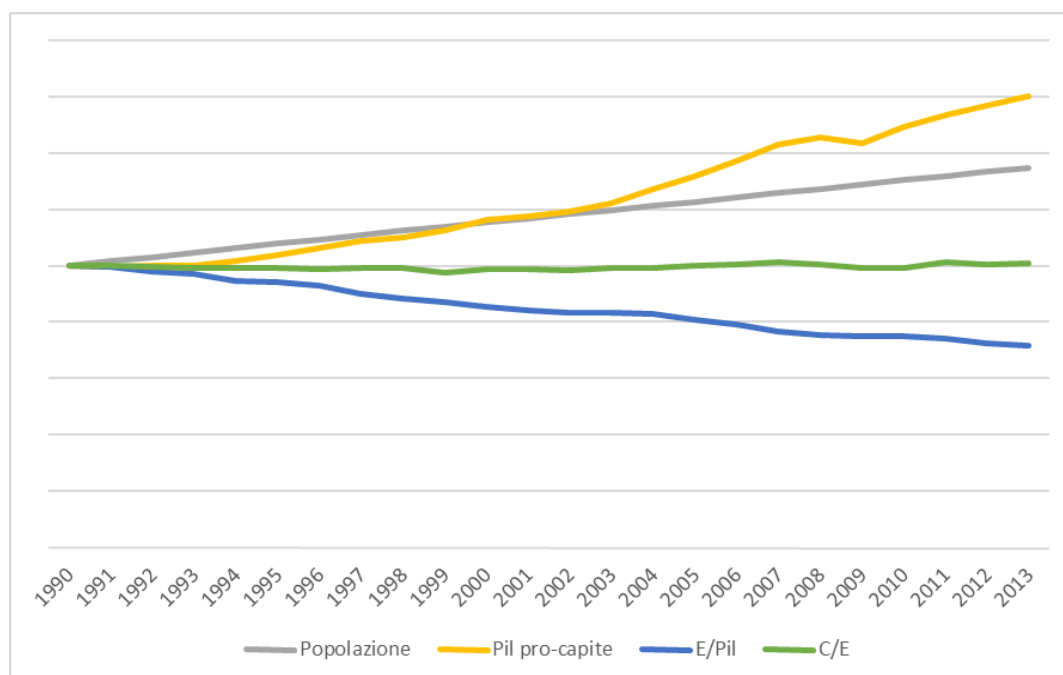
A determinare cambiamenti in questo fattore vi possono essere dei cambiamenti strutturali delle economie, così come degli spostamenti verso attività economiche a minore intensità energetica, come i servizi, o, ancora, dei cambiamenti nelle tecnologie utilizzate e quindi miglioramenti nell'efficienza energetica: sarà quindi necessario un numero inferiore di unità di energia primaria per produrre un'unità di PIL. Diretta conseguenza di cambiamenti in questo fattore è la variazione anche nel livello di emissioni di CO₂: un'efficientamento energetico implica,

appunto, minore energia richiesta per la produzione e quindi un numero inferiore di emissioni, e viceversa.

Infine, l'ultimo fattore, C/E, la c.d. "*carbon intensity of energy consumption*", espressa in emissioni di anidride carbonica per energia primaria utilizzata, indica l'intensità con cui l'energia consumata è capace di causare emissioni di CO₂. Ovviamente il valore di questo fattore dipende dalla tipologia di fonti energetiche utilizzate dai Paesi, ossia dal c.d. "*fuel mix*".

L'utilizzo di carbone o petrolio, le due fonti di energia con la più alta capacità di produrre emissioni, implica una crescita del fattore C/E; viceversa l'utilizzo di fonti energetiche come il gas naturale o l'energia nucleare, che sono meno "*carbon intensive*", o di fonti rinnovabili, come l'energia solare ed eolica, che non causano emissioni di CO₂, possono ridurre il valore della *carbon intensity of energy consumption*, e, di conseguenza, il livello di emissioni totali.

Figura 2.1 I quattro fattori determinanti per le emissioni totali (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Utilizzando questi quattro fattori e guardando l'andamento di questi nel periodo compreso tra il 1990 e il 2013, potremo analizzare quali sono i fattori che hanno causato aumenti o riduzioni delle emissioni totali.

Dalla Figura 2.1 è possibile notare come i fattori più importanti per la crescita delle emissioni

siano stati la popolazione e il PIL pro-capite, entrambi aumentati in maniera significativa negli ultimi vent'anni.

La popolazione mondiale, che nel 1990 era circa di 5,278 miliardi, nel 2013 è arrivata a 7,118 miliardi, con un aumento del 34,8%.

Il Pil mondiale, invece, che nel 1990 era pari a 30.990 miliardi di dollari americani, è aumentato di circa l'82,3%, raggiungendo i 56.519 miliardi. "GDP per capita is the most important driver in the Kaya-identity for the growth of CO₂-emissions as a growth of disposable income increases the demand for energy directly [...] as well as indirectly through the increase of energy which is needed to produce goods and to provide services being purchased from additional disposable income" (Oberheitmann, 2013, p.6).

Per quanto riguarda invece l'intensità energetica del PIL pro-capite, attualmente essa appare l'unico fattore capace di determinare delle riduzioni delle emissioni, andando a compensare gli effetti negativi causati dall'aumento della popolazione e della produzione.

Non si può dire lo stesso, invece, per quanto riguarda l'ultimo fattore dell'identità che, dagli anni '90 ad oggi, sembra essere rimasto sostanzialmente stabile.

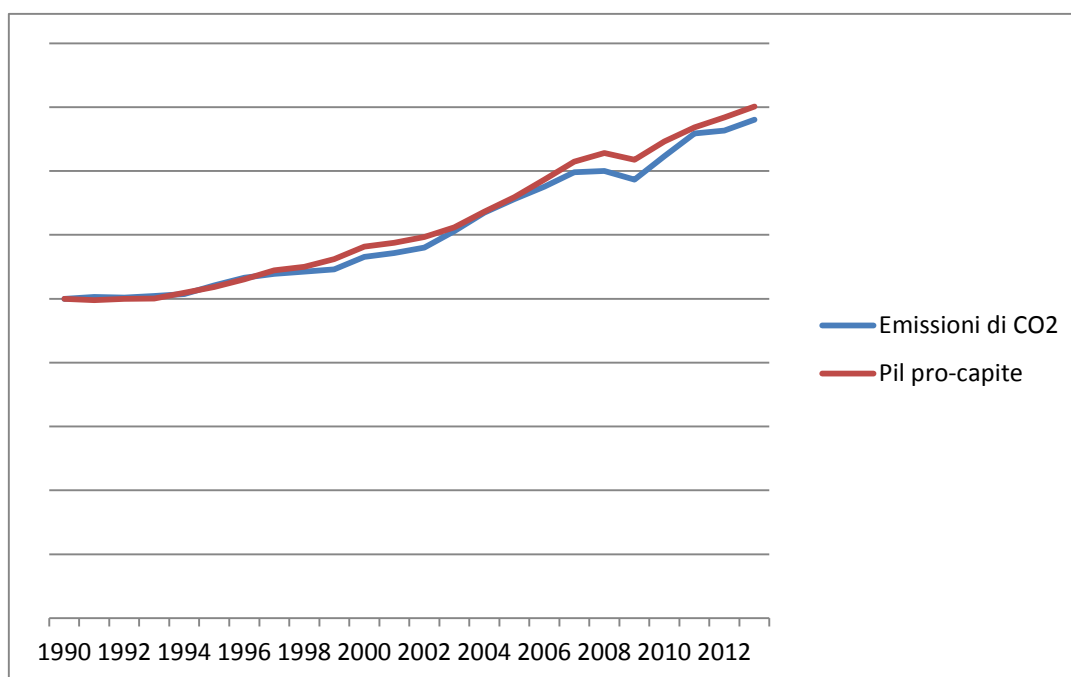
2.1.3 Coupling e Decoupling

Prima di analizzare più nel dettaglio quest'ultimo indicatore, però, è opportuno richiamare i concetti di "*coupling*" e "*decoupling*". "Since the Kyoto agreement in 1997, international measures and policies have been planned to reduce the human effects on climate change and decouple economic growth from emission levels. Based on the idea of obtaining an economic growth that does not imply necessarily an increase in GHG emissions" (Andreoni, Galmarini, 2012). Si parla di "*coupling*" quando l'andamento delle emissioni totali è strettamente collegato con l'andamento dell'economia; si ha invece "*decoupling*", quando le emissioni crescono meno che proporzionalmente rispetto alla crescita economica (in questo caso si parla di *relative decoupling*) o quando le emissioni si riducono nonostante una crescita economica positiva (*absolute decoupling*).

Come abbiamo visto anche nel paragrafo 2.1.2, infatti, vi sono alcuni fattori che causano riduzioni nel livello di emissioni, permettendo che queste crescano ad un tasso inferiore rispetto a quello del Pil pro-capite, e che vi sia quindi *decoupling*.

Guardando gli andamenti delle emissioni di CO₂ e del PIL pro-capite è possibile verificare anche graficamente il grado di *decoupling* fra i due fattori. A livello globale, tra il 1990 e il 2013, non notiamo grandi differenze tra l'andamento dei due (Figura 2.2): vi è un crescita delle emissioni inferiore rispetto all'andamento dell'economia nel periodo compreso tra il 1997 e il 2003, probabilmente dovuta alle prime politiche economiche ed ambientali volte alla riduzione delle emissioni e quindi ai primi effetti positivi del protocollo di Kyoto del '97; in seguito, tra il 2004 e il 2006 si potrebbe quasi parlare di perfetto *coupling* tra i due fattori, i quali tornano invece a prendere andamenti diversi durante gli anni della crisi economica e in quelli successivi (2011-2013), in cui il tasso di crescita dell'economia mondiale è stato del 3,9% mentre quello delle emissioni è stato leggermente inferiore, pari al 2,6%.

Figura 2.2 *Coupling e Decoupling* a livello globale (1990-2013)



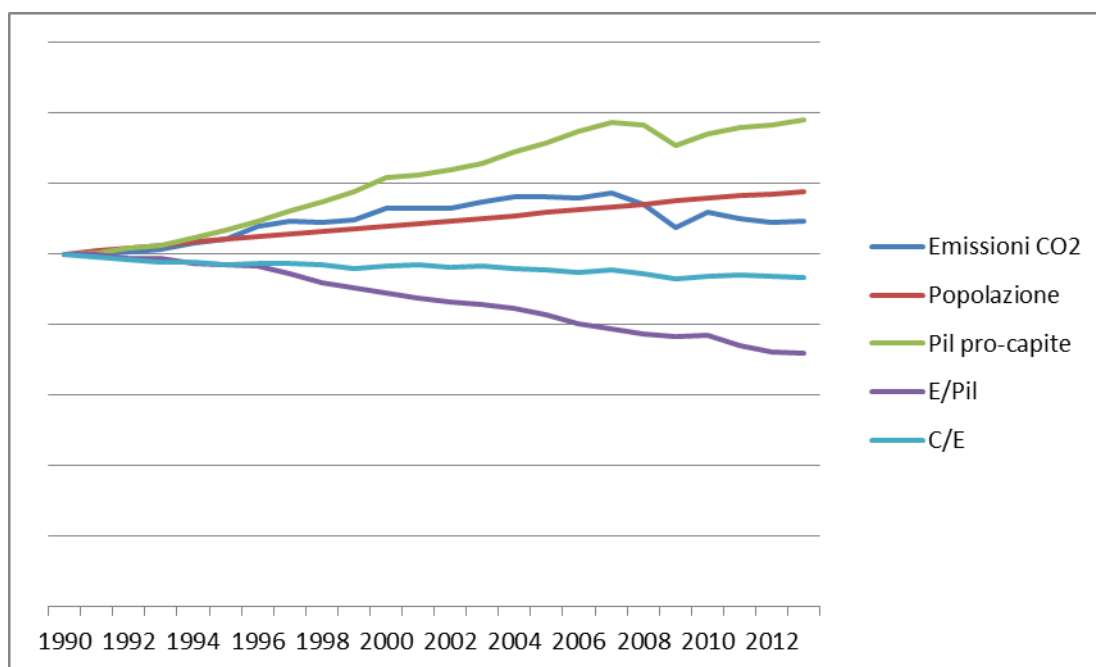
Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

A livello globale, dunque, le emissioni sono cresciute del 56% in questo periodo e la parziale separazione di queste dalla crescita economica è dovuta solo all'intensità energetica che è diminuita del 29% nello stesso periodo; l'aumento della popolazione del 35%, l'aumento del PIL del 60% e un livello di emissioni per energia consumata rimasto praticamente invariato hanno portato ad una crescita così drammatica (IEA, 2015).

Allontanandoci dagli andamenti globali e distinguendo tra Paesi OCSE e Paesi Non-OCSE, possiamo notare come differenze demografiche, differenze nell'economia, negli sviluppi tecnologici e nella crescita possano portare a percorsi differenti anche per le emissioni.

Nei Paesi OCSE (Figura 2.3) le emissioni per unità di PIL sono diminuite del 30%, in linea con la riduzione media globale del 28% (IEA, 2015), mentre le emissioni pro-capite sono diminuite di circa il 7%, a differenza dei Paesi Non-OCSE in cui le emissioni per unità di PIL sono diminuite del 26.8%, a fronte di un aumento delle emissioni pro-capite del 51%, differenza che sta ad indicare l'imponente crescita economica dei Paesi Non-OCSE degli ultimi vent'anni (Figura 2.4).

Figura 2.3 *Coupling e Decoupling* nei Paesi OCSE (1990-2013)

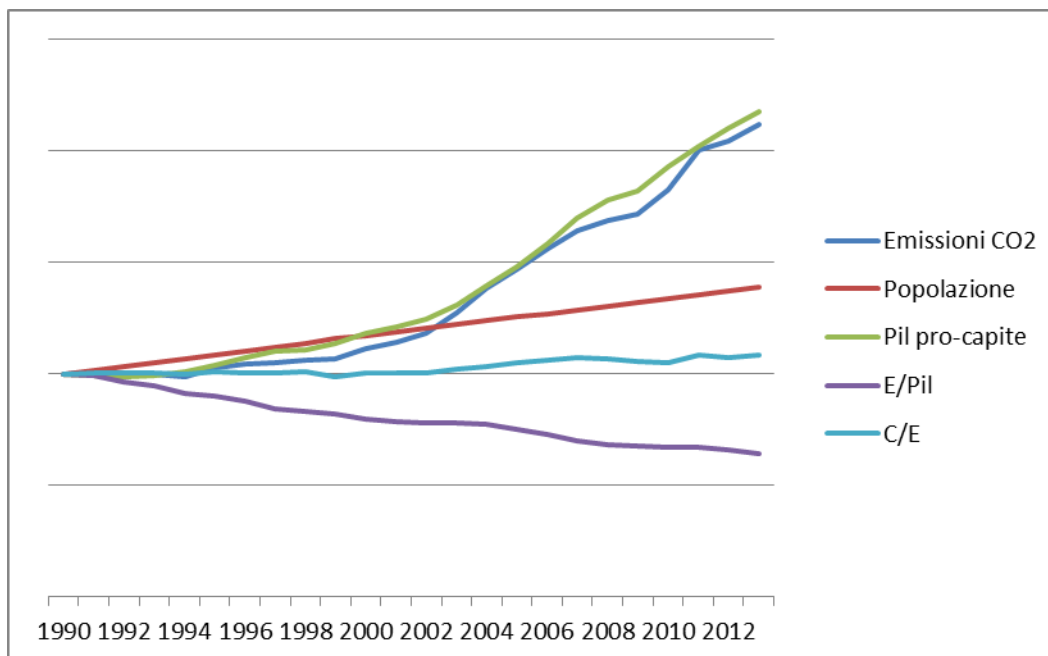


Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Infatti, mentre nei Paesi OCSE la variazione percentuale del PIL pro-capite in questo periodo è pari al 38%, nei Paesi Non-OCSE vi è stata una crescita del 118%. Possiamo quindi ribadire ancora una volta che è la crescita economica il fattore chiave dell'aumento delle emissioni, insieme alla crescita demografica, rispettivamente del 18% nei Paesi OCSE e del 39% nei Paesi Non-OCSE.

Nei Paesi OCSE il *decoupling* è quindi dovuto principalmente ad un'importante miglioramento dell'efficienza energetica, cioè ad una riduzione dell'energia necessaria per la produzione di un'unità di PIL, pari al 28% tra il 1990 e il 2013.

Figura 2.4 *Coupling e Decoupling* nei Paesi Non-OCSE (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Lo stesso potremmo dire dei Paesi Non-OCSE in cui, però, il *decoupling* è molto meno rilevante rispetto a quello dei Paesi OCSE: a fianco ad una crescita del PIL pro-capite del 118%, anche le emissioni sono più che raddoppiate, con un aumento del 112%.

Se da una parte, infatti, vi è stato un miglioramento nell'efficienza energetica ancora più importante rispetto a quello avvenuto nei Paesi OCSE, con una riduzione del 36% del rapporto tra energia primaria e PIL, dall'altra vi è stato anche un aumento, pari al 9%, delle emissioni per unità di energia consumata.

Questa crescita, registrata soprattutto a partire dal 2000, è dovuta al largo sfruttamento di petrolio e carbone da parte di questi Paesi e, in particolare, da parte dalla Cina e dagli altri Paesi asiatici. La Cina, ad esempio, solo tra il 2012 e il 2013, ha aumentato il suo utilizzo di carbone del 7,9%, contribuendo al raggiungimento del più alto livello di consumo mondiale di carbone (29%) dal 1971 (IEA, 2015).

2.2 Carbon intensity of energy

Abbiamo visto come la crescita economica non implichi necessariamente un aumento delle emissioni di CO₂. Abbiamo però anche visto che questa separazione, o *decoupling*, avviene solo in minima parte. Partendo dall'ovvio presupposto che una riduzione della crescita economica non sia auspicabile per nessun Paese, si dovrebbe quindi porre l'attenzione sugli altri due fattori determinanti dell'identità di Kaya e far leva su di essi per la riduzione delle emissioni pro-capite.

Questi due fattori possono essere anche considerati come componenti di un altro indicatore, la *carbon intensity*, inteso come emissioni di CO₂ per unità di PIL, secondo la seguente relazione:

$$\begin{array}{ccccc} C/PIL & = & E/PIL & \times & C/E \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ Carbon & Energy & Carbon & & \\ Intensity & Intensity & Intensity & & \\ & & & & of\ energy \\ & & & & (Fuel\ Mix) \end{array}$$

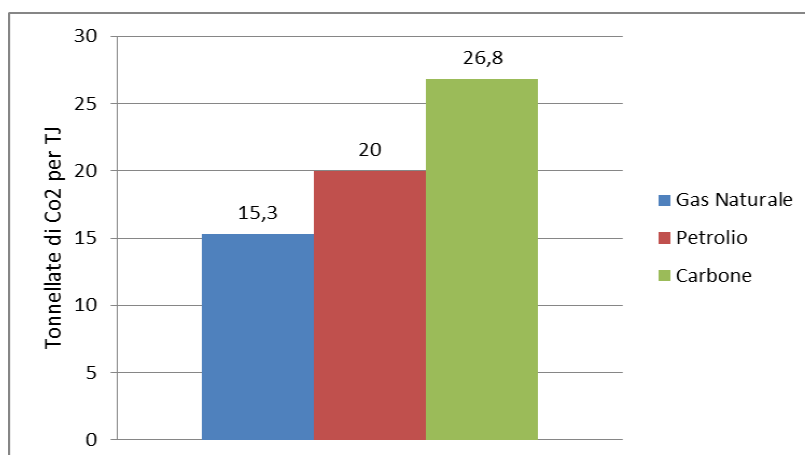
La prima variabile determinante l'intensità delle emissioni, ossia l'intensità energetica, ammontare di energia consumata per unità di PIL, è stata già presentata come variabile che riflette la struttura economica di un Paese e la sua efficienza energetica; “an economy dominated by heavy industrial production, for instance, is more likely to have higher energy intensity than one where the service sector is dominant [...]; likewise, a country that relies on trade to acquire carbon-intensive goods will have a lower energy intensity than those countries that manufacture those same goods for export” (Herzog, T., Pershing, J., Baumert, K. A., 2005, p.26).

Avendo già analizzato nei paragrafi precedenti questo fattore e avendo già sottolineato la sua importanza negli ultimi vent'anni per l'andamento globale delle emissioni, essendo l'unico fattore che ha subito una riduzione significativa in questo periodo, da adesso in poi ci focalizzeremo sull'ultima variabile determinante per l'intensità delle emissioni e per le emissioni globali: la *carbon intensity of energy*, collegata al “*fuel mix*”.

Per *fuel mix* intendiamo il mix di combustibili utilizzati da un Paese per produrre energia. Molto banalmente, il valore di questo fattore aumenterà in maniera direttamente proporzionale all'aumento dello sfruttamento di risorse con alta capacità emissiva, come il carbone, il petrolio e

il gas naturale, capaci di emettere, rispettivamente, 26.8, 20 e 15.3 tonnellate di CO₂ per Terajoule (10¹² Joule, unità di misura dell'energia) (Figura 2.5).

Figura 2.5 Tonnellate di CO₂ per Terajoule



Fonte: ns. elaborazione su dati IPCC, 1997

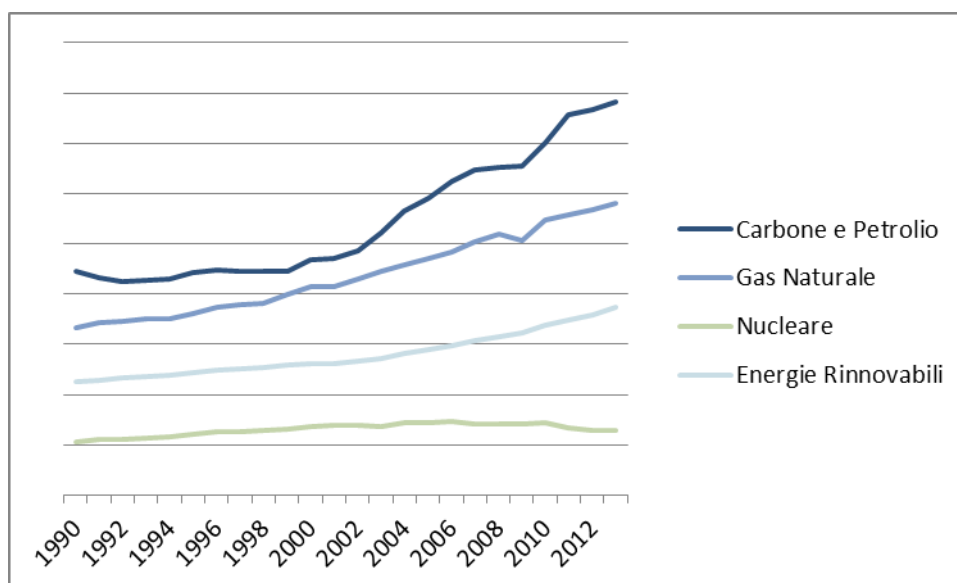
Viceversa, diminuirà qualora un Paese decidesse di investire maggiormente in altre fonti di energia, come l'energia idroelettrica, le biomasse, e altre energie rinnovabili che si presuppone siano neutrali per quanto riguarda le emissioni di CO₂. Secondo il *World Resources Institute*, il carbone domina in alcuni Paesi come la Cina e il Sud Africa; il gas naturale in Russia, mentre l'energia idroelettrica e le biomasse sono dominanti in Brasile e India.

Altre energie rinnovabili come quella solare o eolica, invece, “account for no more than 3.5 percent of total primary energy supply in any of the major emitting countries” (Herzog, T., Pershing, J., Baumert, K. A., 2005, p.27).

A livello globale, dal 1990 al 2013, come possiamo vedere nella Figura 2.6, è aumentata sempre di più l'energia derivante dallo sfruttamento di queste risorse ad alta capacità emissiva: è stato del 76% l'aumento dell'energia proveniente dalla combustione di carbone e petrolio, e del 74% quello derivante da gas naturale; nel 2013, solo attraverso l'utilizzo di queste risorse, si produceva più del 50% dell'energia mondiale.

Accanto a questo, però, si deve evidenziare un importante aumento del 65% dell'energia prodotta derivante da risorse rinnovabili, sebbene questa rimanga sempre una piccola frazione (13%) dell'energia mondiale. Meno importante è invece lo sfruttamento dell'energia nucleare, che nell'ultimo ventennio è aumentata solo del 22% e che, nel 2013, rappresentava il 5% dell'energia totale prodotta.

Figura 2.6 L'energia prodotta e le sue fonti (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015.

Nei Paesi OCSE le tre risorse primarie che continuano a coprire più del 70% del fabbisogno energetico sono proprio il carbone, il petrolio e il gas naturale, mentre il restante 30% viene prodotto grazie all'energia nucleare e alle energie rinnovabili. La fonte d'energia che ha visto lo sviluppo più grande è stato il gas naturale, che è cresciuto del 63% e che ha superato di circa il 30% l'utilizzo di carbone e petrolio nel 2013.

Questo interessante aumento rispecchia molto l'opinione dell'economista turco Faith Birol, presentata durante il "Natural Gas Day", tenutosi a Pechino lo scorso 29 Giugno: "there are good reasons to be upbeat about the future for natural gas; these include its relative abundance, its environmental advantages compared with other fossil fuels, and the flexibility and adaptability that make it a valuable component of a gradually decarbonising electricity and energy system."

Lo stesso non si può dire sia avvenuto nell'ultimo ventennio nei Paesi Non-OCSE. Infatti, pur in presenza di un aumento dello sfruttamento del gas naturale di oltre l'80%, questo non è paragonabile all'aumento dell'energia derivante da carbone e petrolio che è più che raddoppiata tra il 1990 e il 2013.

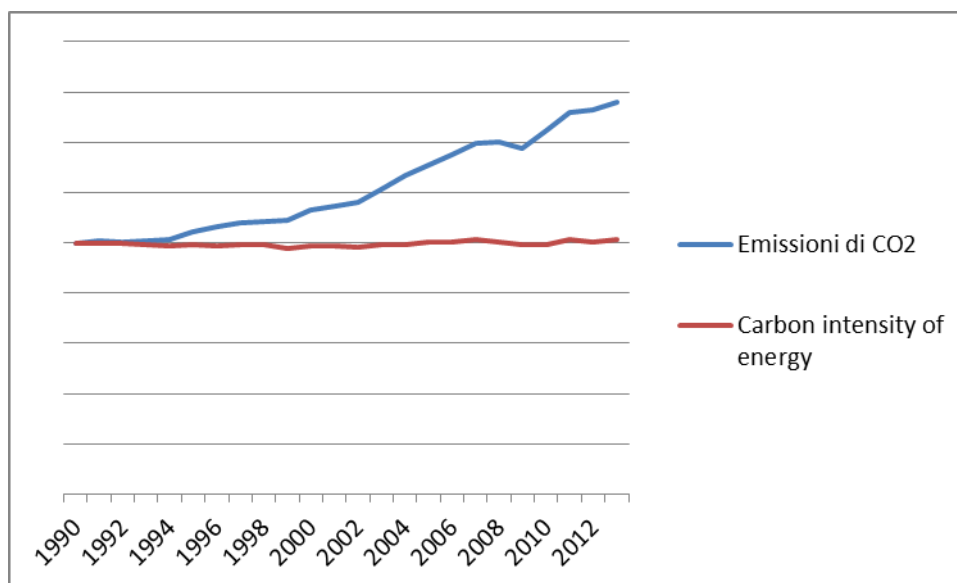
La progressiva crescita di energia derivante da combustibili fossili altamente emissivi nei Paesi Non-OCSE, quindi, ha praticamente reso inconsistenti e irrilevanti gli investimenti effettuati in risorse alternative nelle regioni OCSE; le piccole variazioni percentuali nell'utilizzo di energia

nucleare o risorse rinnovabili non riescono ad avere peso e a modificare consistentemente l'andamento delle emissioni di CO₂.

Ciò che vogliamo evidenziare con questo elaborato, infatti, è proprio l'irrelevanza della *carbon intensity of energy*, e quindi della tipologia di *fuel mix* utilizzata dai vari Paesi, durante gli ultimi vent'anni. Nella [Figura 2.7](#), si può osservare come il livello di emissioni di CO₂ per unità di energia primaria prodotta non sia di fatto cambiato nel tempo: vi sono state solo piccole e insignificanti variazioni dell'1% durante gli anni. Questo fattore determinante all'interno dell'identità di Kaya, dunque, ha giocato un ruolo marginale per quanto riguarda il livello totale di emissioni.

“To achieve a 80-95% reduction of CO₂-emissions in the EU and other developing countries until 2050 can finally only be achieved with a dramatic turn to renewable energies.” (Oberheitmann, 2013, p. 7).

Figura 2.7 *Carbon intensity of energy* a livello globale (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Già le grandi innovazioni avvenute in Germania, a partire dal 2012, con l' “*Energiewende*” (transizione energetica), o i massivi investimenti della Cina in energie alternative avvenuti negli ultimi anni ci lasciano sperare in nuove evoluzioni della *carbon intensity of energy* e rivelano una nuova presa di coscienza da parte di politici che, con gli accordi di Parigi alla fine del 2015, hanno finalmente concretizzato il desiderio di riduzione delle emissioni a livello mondiale, che

potrà avvenire solo iniziando a considerare gli investimenti in energia pulita non più come costi, ma come opportunità.

Secondo lo studio macro-econometrico portato avanti dall'*International Renewable Energy Agency*, infatti, raddoppiando l'uso di energia rinnovabile entro il 2030, si avrebbero una crescita del PIL mondiale dell'1.1%, aumenterebbe il benessere del 3.7% e si darebbe vita ad oltre 24 milioni di posti lavoro nel settore.

CAPITOLO 3

Il *fuel mix*: Stati Uniti e Cina

In quest'ultimo capitolo analizzeremo l'andamento della *carbon intensity of energy* e quindi i vari cambiamenti effettuati nel *fuel mix* da parte dei due più grandi Paesi responsabili del livello di anidride carbonica nell'atmosfera: la Cina e gli Stati Uniti d'America. Questi due Paesi sono insieme responsabili di oltre il 40% delle emissioni globali, seguiti da Russia, Giappone, Germania e India.

3.1 Gli Stati Uniti d'America

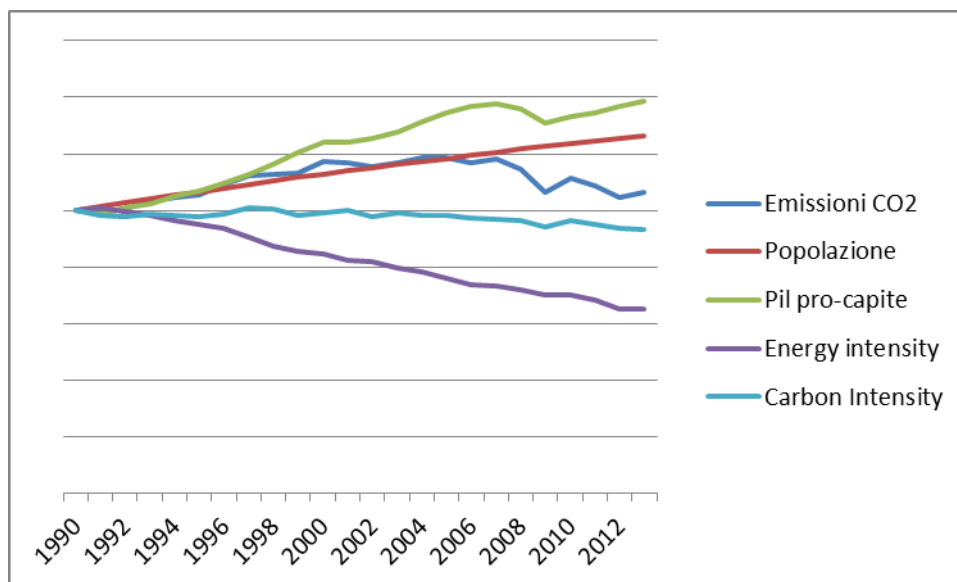
Dal 1990 al 2013, le emissioni di CO₂ degli Stati Uniti sono aumentate solo del 7%. In realtà, fino al 2007, anno di inizio della crisi economica, le emissioni avevano registrato un aumento di oltre il 18%. E' stato poi durante gli anni della crisi che si è verificata una rapida discesa di queste, diminuite dell' 11% in un solo quinquennio. Conclusa la fase di recessione e di stagnazione, le emissioni hanno ripreso a crescere, non riuscendo mai però a tornare ai livelli raggiunti nei primi anni del 2000.

Se da una parte vi è stata una crescita demografica del 26% in questi anni e il PIL pro-capite è aumentato di circa il 40%, con delle recessioni solo all'inizio degli anni '90 (-1%) e a seguito della crisi (-3,6% tra il 2008 e il 2009), dall'altra parte vi è stata una consistente diminuzione dell'intensità energetica del 35%. I fattori che negli ultimi anni hanno guidato e supportato i continui miglioramenti dell'efficienza energetica sono, ad esempio, “a strong political consensus on federal and state energy efficiency policies; [...] an increased co-ordination and competence in implementing energy efficiency, [...] new technologies and energy-saving opportunities” (IEA, 2014, p. 168). E' questo il più importante fattore che ha determinato riduzioni nelle emissioni degli Stati Uniti e, di conseguenza, il *decoupling* tra queste e l'andamento dell'economia americana (Figura 3.1).

In generale, tra il 1990 e il 2009, tra le emissioni e il PIL pro-capite vi è stato quasi sempre *relative decoupling*: le emissioni sono cresciute di anno in anno ad un tasso inferiore rispetto alla crescita dell'economia; solo in alcuni anni (1992-1993; 1999-2000; 2007-2008) si è registrato un tasso di crescita delle emissioni superiore a quello del PIL, differenza dovuta alla crescita della popolazione e al lieve aumento della *carbon intensity of energy*. E' stato invece nell'ultimo

triennio (2009-2012) che si è verificato *absolute decoupling* e si è quindi avuta una diminuzione delle emissioni (-6.25%) nonostante un trend positivo nell'economia (+3%), causato principalmente dalla diminuzione di E/PIL e, solo in minima parte, dalla riduzione della *carbon intensity of energy*.

Figura 3.1 Fattori determinanti dell'identità di Kaya, Stati Uniti d'America (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Ancora una volta, come a livello globale, l'ultimo fattore dell'identità di Kaya non ha giocato un ruolo significativo nella determinazione delle emissioni di CO₂. Bisogna però distinguere due fasi all'interno del nostro periodo temporale: la prima, dal 1990 al 2003, in cui non vi sono state variazioni, se non lievi (-1%), la seconda dal 2003 al 2013, in cui invece questo fattore ha iniziato ad assumere una certa rilevanza, con una riduzione totale del 6%.

3.1.1 Cambiamenti nel fuel mix

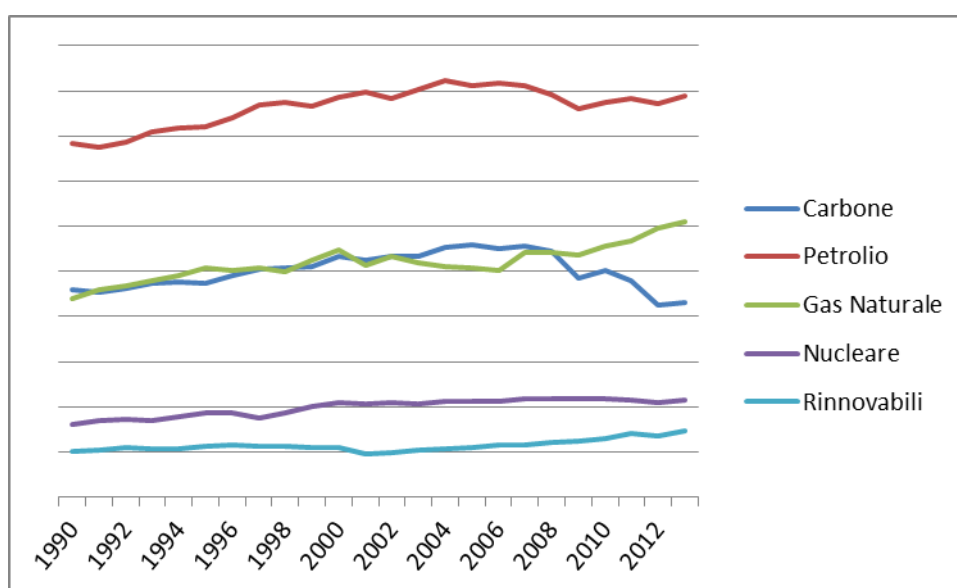
Questa riduzione è collegata a cambiamenti avvenuti nella tipologia di *fuel* sfruttati dal Paese a partire dai primi anni duemila (vedi [Figura 3.2](#)).

In particolare, è dal 2006 che si può assistere alla rapida espansione del gas naturale che, dal 2008 in poi, è andato sostituendo soprattutto il carbone, fino ad allora principale fonte energetica degli USA insieme al petrolio. Dal 2008 al 2013 la produzione di gas naturale è cresciuta del 20.7% (IEA, 2014), facendo diventare gli Stati Uniti i più grandi produttori al mondo nel 2012, superando anche la Federazione Russa. Secondo i dati riportati dall'IEA (*Energy Policies of IEA*

Countries, United States, 2014), il settore della generazione di energia consuma circa il 38.2% di tutta l'offerta di gas ed è stato il settore che ha dato la spinta più forte per la crescita della domanda di gas negli USA: il consumo di gas in elettricità e produzione di calore è cresciuto del 53.9% tra il 2002 e il 2012.

“The industry sector is the second-largest consumer of gas in the United States, at 19.4% of total supply, followed by households at 16.2% and commercial and public services at 11.3%” (IEA, 2014, p. 201). Infine, le previsioni dell'IEA annunciano una continua crescita nel consumo di gas naturale, con un aumento del 35% entro il 2040 che sarà principalmente causato dal settore dei trasporti e dalla generazione di energia.

Figura 3.2 *Total Primary Energy Supply, USA (1990-2013)*



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015.

E' stato l'uso del carbone a conoscere un'importante riduzione. La diminuzione più significativa si è verificata durante la recessione del 2009 e poi nel 2012. Nonostante una lieve ripresa nel 2013 (+2%) , il livello a cui si è attestato è comunque inferiore del 18% rispetto all'offerta di dieci anni prima. Questo perché, nonostante gli Stati Uniti abbiano le più grandi riserve di carbone al mondo, e nonostante quest'ultimo rimanga comunque la principale fonte di energia per la generazione di elettricità, tutti gli altri settori si sono spostati verso il più economico gas naturale.

“The United States is the second-largest hard coal producer in the world, behind China; it produced 13.9% of the world total in 2011 while China accounted for 51%” (IEA, 2014, p. 227);

ed è per questo motivo che le esportazioni di carbone sono invece in continuo aumento: dal 3.6% della produzione nel 2009 all'11.6% nel 2013.

Nonostante questa sostituzione del carbone con il gas naturale, risorsa energetica con capacità emissiva decisamente inferiore, dobbiamo però ricordare, com'è evidenziato anche nella [Figura 3.2](#), che gli Stati Uniti continuano a sfruttare il petrolio come principale risorsa energetica, che rappresenta circa il 35.9% dell'energia primaria totale (IEA, 2014).

Il petrolio ha sempre visto un trend positivo nella storia americana dagli anni '90 ad oggi, con tassi di crescita di circa il 2% ogni anno; solo durante gli anni della crisi (2007-2009) vi è stato un trend negativo (-5%) che ha inciso sull'andamento generale di questa risorsa energetica, che nel 2013 ha raggiunto dei livelli comunque inferiori rispetto a quelli del 2003.

Per quanto riguarda invece i settori che maggiormente sfruttano petrolio all'interno dell'economia americana, dobbiamo ricordare il settore dei trasporti come principale consumatore di petrolio negli States (71.7% del consumo totale), seguito dal settore dell'industria e dal settore residenziale, che consumano rispettivamente il 14.4% e il 3.6% (IEA, 2014)

L'industria dell'energia nucleare americana è invece la più grande al mondo, e questo potere viene sfruttato soprattutto per la generazione di elettricità: nel 2013 circa il 19% dell'elettricità proveniva da energia nucleare. Se da un lato lo sfruttamento di questa risorsa energetica è aumentato del 35% negli ultimi vent'anni, dall'altro dobbiamo sottolineare che probabilmente il suo utilizzo sarebbe stato ancora maggiore se non ci fossero stati degli ostacoli "storici". Infatti, l'incidente nucleare di *Three Miles Island* nel 1979, "combined with economic pressures of high interest rates and low demand forecasts, which had already begun to force utilities to cancel projects, caused further pressures on the viability of new nuclear projects." (IEA, 2014, p. 95).

Prima di concludere, poniamo l'attenzione al piccolo ma importante aumento della percentuale di energie rinnovabili sull'energia primaria totale degli USA: questa è cresciuta dal 4.6% nel 2003 al 6.4% nel 2013. Più nel dettaglio, "renewables are dominated by biofuels and waste (4.2% of TPES), followed by hydro (1.1%), wind (0.7%), geothermal (0.4%) and solar (0.1%)" (IEA, 2014, p. 113). Nel 2013 questa energia veniva principalmente utilizzata per la generazione del 12.9% dell'elettricità degli Stati Uniti, maggiore rispetto al 9.3% del 2003: "most of the increase is a result of a surge in wind and to a lesser extent solar power generation" (IEA, 2014, p. 114).

3.1.2 Il *Climate Action Plan*

“We, the people, still believe that our obligations as Americans are not just to ourselves, but to all posterity. We will respond to the threat of climate change, knowing that the failure to do so would betray our children and future generations”. Queste le parole usate dal Presidente Obama nell’introduzione al suo *Climate Action Plan*, nel Giugno del 2013. Gli obiettivi di questa serie di nuove politiche e misure ambientali si basano su tre pilastri chiave:

- ridurre l’inquinamento derivante da CO₂ negli Stati Uniti, riducendo le emissioni delle esistenti centrali elettriche, dando maggiore spinta all’energia pulita e sprecando meno energia, attraverso maggiore efficienza energetica;
- preparare il Paese agli impatti del cambiamento climatico, rendendo le infrastrutture più resistenti e lavorando per mantenere alta la produttività dell’agricoltura, dando strumenti per affrontare la siccità;
- dare contributi a livello internazionale per combattere questi cambiamenti (IEA, 2014).

E’ stato sicuramente sotto la spinta del *Climate Action Plan* che tra il 2013 e il 2014 si è investito molto nell’energia solare, eolica e geotermica. Secondo quanto riportato dal Bloomberg New Energy Finance, vi è stato un boom di investimenti in energia pulita da parte degli USA, che hanno raggiunto i \$40.8bn (+9%), la loro performance più elevata dal 2012. In particolare, gli Stati Uniti si sono concentrati sullo sviluppo dell’energia solare del Paese, a causa dei grandi miglioramenti e della grande competitività che questa ha guadagnato sul mercato: secondo i dati dell’UNFCCC, oltre il 53% della capacità di generare elettricità deriva dalle nuove installazioni solari. Secondo Rhone Resch, Presidente della SEIA, questa crescita è in larga parte dovuta ad alcune brillanti ed efficienti politiche: misure che stanno portando molti vantaggi all’economia americana e all’ambiente, e dovrebbero essere mantenute ed ampliate.

Infatti, sulla scia del *Climate Action Plan*, nel 2014 l’EPA (*US Environmental Protection Agency*) ha rilasciato il suo *Clean Power Plan*, che si proponeva di ridurre del 30% le emissioni di CO₂ del settore energetico entro il 2030. Questi cambiamenti hanno dato una grande spinta alle energie pulite, e, anche se probabilmente il gas naturale giocherà un ruolo importante, continuerà a crescere l’attrazione per le energie rinnovabili (IEA, 2014).

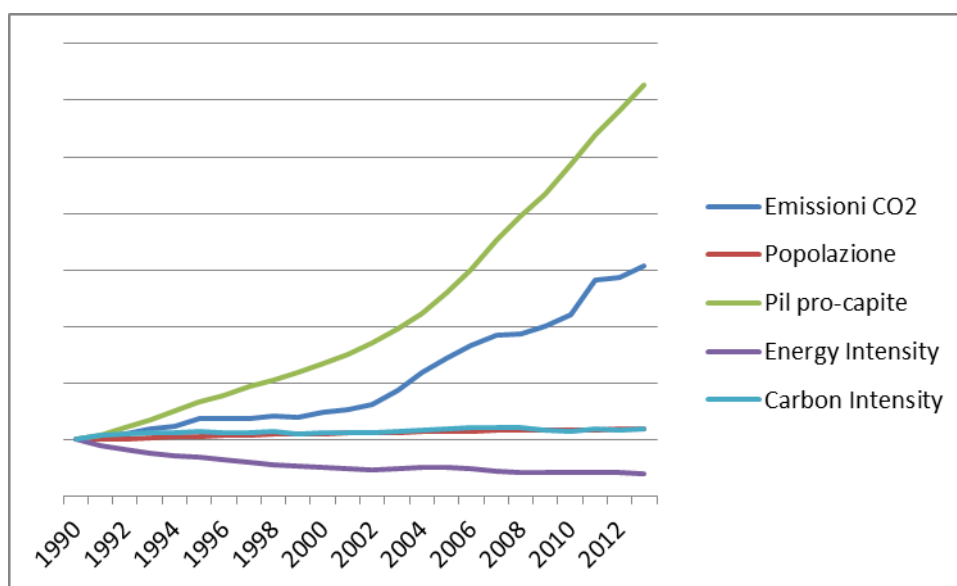
3.2 La Cina

La Cina, nell'arco di soli cinquant'anni, è riuscita a trasformarsi da piccola economia agraria in seconda potenza economica al mondo. Nel 2013 il livello del PIL pro-capite è risultato sei volte più alto rispetto a quello del 1990. La spinta sull'acceleratore è stata data in particolare a partire dagli anni 2000, in cui la crescita media del PIL pro-capite è stata del 9% ogni anno.

Questi sviluppi dell'economia cinese sono stati realizzati grazie a numerose riforme emanate dai leader della Repubblica Popolare Cinese. Deng Xiaoping negli anni '70 ha guidato il Paese verso la modernizzazione dell'agricoltura, dell'industria, della scienza e della tecnologia, puntando sull'efficiente funzionamento dell'economia di mercato, aprendo la Cina agli investimenti esteri e riducendo il controllo del governo sull'economia.

Negli anni '90 è stato invece Jiang Zemin il leader che ha guidato il Paese verso la privatizzazione di numerose imprese, ha ridotto le barriere commerciali e riformato il sistema bancario cinese; con lui la Cina è entrata a far parte della *World Trade Organization* nel 2001, riuscendo a rafforzare in maniera sostanziale i propri commerci.

Figura 3.3: Fattori determinanti dell'identità di Kaya, Cina (1990-2013)



Fonte: ns. elaborazione su dati IEA, 2015

Ovviamente, la conseguenza di questo sviluppo economico e di questa forte spinta all'industria, alla produzione e ai commerci, è stata l'aumento delle emissioni di CO₂ del Paese. In particolare, dal 1990 al 2013, le emissioni sono aumentate di oltre il 300%, con una crescita media annuale

del 6.4%: non vi è mai stata una variazione percentuale negativa, se non alla fine degli anni '90, in cui probabilmente la riduzione dell'intensità energetica (-9%) ha portato ad una lieve riduzione delle emissioni, in un periodo in cui era più lenta la crescita del PIL. Quindi mai, a parte in questi anni, vi è stato *absolute decoupling* tra l'andamento delle emissioni e quello del PIL: in generale, vi è sempre stato *relative decoupling*, con un'economia che cresceva a tassi superiori rispetto alle emissioni. Bisogna però evidenziare un triennio, tra il 2003 e il 2005, in cui invece il tasso di crescita delle emissioni è stato superiore rispetto a quello del Pil pro-capite.

Ancora una volta, l'unico fattore dell'identità di Kaya capace di contenere l'andamento delle emissioni è l'intensità energetica, E/PIL. Dal 1990 al 2013 questo fattore è diminuito del 60%, riduzione indicativa di importanti miglioramenti nell'efficienza energetica da parte della Cina, non sufficienti, però, a far ridurre le emissioni. Per contro, nello stesso periodo, si è registrato un peggioramento della *carbon intensity of energy* (+18%) (Figura 3.3).

3.2.1. Cambiamenti nel fuel mix

Questo aumento della *carbon intensity of energy* è stato causato dai grandi investimenti effettuati dalla Cina nei settori dell'industria pesante, nella produzione di acciaio e cemento, “which require large volumes of energy (both direct fossil fuel inputs in the production process and electricity consumption, with the latter supplied predominantly through expansions in coal-fired power generation” (Green, Stern, 2016, pp. 4-5). Come conseguenza di questa crescita vi è stata una grande espansione nel consumo di carbone che, tra il 2000 e il 2013 è cresciuto circa l'8% ogni anno, e che ha reso la Cina uno dei più grandi Paesi importatori di carbone. Per dare un'idea di quanto il Paese abbia investito nel carbone come risorsa energetica, possiamo considerare il fatto che, secondo l'*International Energy Agency*, già nel 1996 il carbone era la fonte di circa il 78% dell'energia prodotta, seguito dal petrolio (17.6%), dal gas naturale (2.1%), dall'energia idroelettrica (1.8%) e dall'energia nucleare (0.4%) (IEA, 2000).

Negli ultimi anni, tra il 2009 e il 2014, la Cina ha tuttavia iniziato ad espandere il suo consumo di petrolio e di gas naturale: la domanda di petrolio è cresciuta rapidamente, con un tasso di crescita medio del 6.7% (IEA, 2012), mentre il consumo di gas naturale è cresciuto del 14% ogni anno tra il 2010 e il 2014 (CCEP, 2016).

“This model of growth is not sustainable or desirable — for economic, financial, social and local environmental reasons” (Green, Stern, 2016, p. 5). In particolare, dal punto di vista ambientale, la dipendenza dal carbone e dalla pesante produzione industriale, così come il crescente utilizzo di veicoli nelle aree urbane, hanno portato ad un grave inquinamento dell'aria, sfociato nei

drammatici eventi del dicembre del 2015, in cui, nell'arco di due settimane, il governo di Pechino è stato costretto a lanciare l'allarme rosso per lo smog, invitando tutti i cittadini a rimanere nelle case e costringendo le fabbriche più inquinanti a chiudere i battenti. Questi eventi sono stati solo la prova di conseguenze dannose già sospettate da tempo.

Gli stessi leader politici cinesi hanno iniziato a sottolineare la necessità di riforme e cambiamenti strutturali dell'economia, per riportare il Paese su un sentiero più sostenibile. Grazie anche a questa presa di posizione da parte della classe dirigente, si sono iniziate ad osservare alcune "inversioni di rotta".

Ad esempio, il consumo di energia primaria è cresciuto solo del 2.2% tra il 2013 e il 2014 e dell'1% tra il 2014 e il 2015, percentuali inferiori rispetto alla crescita media dell'8% che vi era stata nel precedente decennio, "[this] is linked to the changing structure of its economy, which is moving away from high reliance on net exports, fixed asset investment and heavy industry, and towards greater domestic consumption and tertiary production" (Green, Stern, 2016, p. 8): infatti nell'ultimo biennio, rispetto alla rapida espansione dell'industria avvenuta nel periodo 2010-2013, è diminuito il peso dell'industria pesante sul PIL, riducendo quindi anche il consumo di energia.

Allo stesso tempo, negli ultimi cinque anni, molti sono stati gli investimenti effettuati dalla Cina in fonti di energia non-fossile, con un incremento di questa del 75%. Già nel 2013 la Cina aveva superato gli Stati Uniti in termini di totale capacità elettrica e, solo nel 2014, ha aumentato di 22 GW la sua capacità idroelettrica, di oltre 5 GW quella nucleare, di 21 GW quella eolica e di 11 GW quella solare (Green, Stern, 2016).

In particolare, i più grandi investimenti del Paese sono stati fatti in energia idroelettrica: "with an installed hydroelectricity generating capacity of 280 GW at the end of 2013, China remains the world's leading investor in hydro" (IRENA, 2014, p. 10).

Secondo i dati dell'IRENA (*International Renewable Energy Agency*), l'energia idroelettrica è seguita da quella eolica: negli ultimi anni anche gli investimenti in questo campo sono aumentati, rendendo la Cina il più grande utente di energia eolica al mondo. Nonostante ciò, questa fonte continua a rappresentare solo il 2.5% della totale produzione di energia, a causa del gap esistente tra le installazioni esistenti e quelle effettivamente connesse alla rete elettrica: se si riuscisse ad eliminare questa differenza, si riuscirebbe a raddoppiare la capacità energetica derivante dal vento.

Questa espansione di risorse energetiche non fossili è stata guidata, da una parte, dalla necessità del governo di dare delle risposte concrete in tema di inquinamento dell'aria, mostrando l'intenzione di ridurre la dipendenza dai combustibili fossili e, in particolare, dal carbone; dall'altra parte, quello dell'energia pulita viene visto come un settore innovativo “in which China can move up the global value chain, capture global market share, and secure future domestic industrial growth” (Green, Stern, 2016, pp. 9-10).

Considerazioni finali

In questo lavoro abbiamo descritto l'evoluzione delle emissioni di CO₂ collegate ai consumi energetici tra il 1990 e il 2013 e i principali “drivers”. A tal fine ci siamo avvalsi della cd. *Kaya identity*, attraverso la quale è possibile ricondurre la dinamica delle emissioni alle variazioni della popolazione, del PIL pro capite, dell'intensità energetica (energia primaria utilizzata per unità di PIL) e della *carbon intensity of energy* (emissioni di CO₂ per unità di energia impiegata).

Per quanto riguarda le emissioni, abbiamo evidenziato come il considerevole incremento registrato nell'ultimo ventennio sia soprattutto imputabile ai Paesi NON-Ocse, dove si è registrato un consistente aumento della popolazione e, soprattutto, del PIL pro capite.

Gli effetti dell'aumento del PIL globale sono stati in parte attenuati dai progressi registrati sul fronte dell'efficienza energetica. Tali progressi, registrati sia nelle economie mature che in quelle in via di sviluppo, sono derivati, a seconda dei casi, da cambiamenti strutturali (aumenti del peso relativo dei settori a bassa intensità energetica) o da veri e propri progressi tecnologici.

Per contro, pochi progressi si sono registrati, a livello globale, sul fronte della *carbon intensity of energy*, rimasta sostanzialmente stabile, pur con differenze significative tra i diversi Paesi. In alcuni, grazie allo sviluppo di nuove fonti (cd. “rinnovabili”) si sono registrati alcuni progressi. Per contro, nelle economie emergenti, prime tra tutte Cina e India, si è assistito ad un peggioramento, spiegato essenzialmente dal massiccio e crescente impiego di carbone.

Descrivendo l'evoluzione del *fuel mix* nelle due principali economie mondiali, Stati Uniti e Cina, abbiamo tuttavia colto alcuni segnali positivi. La stessa Cina che, a fronte dei notevoli progressi ottenuti sul fronte dell'efficienza energetica aveva registrato un sensibile peggioramento della *carbon intensity of energy*, ha intrapreso un graduale percorso di modifica del proprio *fuel mix*. Su questi progressi e sulla concreta volontà delle autorità cinesi di migliorare la propria performance ambientale riposano, in buona parte, le speranze di veder realizzato l'obiettivo, fissato nella Conferenza di Parigi, di mantenere l'aumento della temperatura terrestre entro limiti “tollerabili”.

Bibliografia

Libri e articoli:

- Andreoni, V., Galmarini, S., 2012: Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions: A decomposition analysis of Italian energy consumption. 2012 Elsevier Ltd.
- Green, F. e N. Stern, China's changing economy: implications for its carbon dioxide emissions. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 258. Uk, March 2016. Disponibile su: <http://www.comitatoscientifico.org/temi%20CG/documents/STERNChina.pdf>
- Green, F. e N. Stern, China's "new normal": structural change, better growth, and peak emissions. Policy brief. Centre for Climate Change Economics and Policy. Uk, June 2015. Disponibile su: http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2015/06/Chinas_new_normal_green_stern_June_2015.pdf
- Herzog, T., Pershing, J., Baumert, K. A., 2005: Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy. 2005 World Resources Institute. Disponibile su: http://pdf.wri.org/navigating_numbers.pdf
- International Energy Agency, 2000: Coal in the Energy Supply of China, OECD/IEA. Disponibile su: <https://www.iea.org/ciab/papers/coalchina99.pdf>
- International Energy Agency, 2012: People's Republic of China, OECD/IEA, Paris. Disponibile su: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/China_2012.pdf
- International Energy Agency, 2014: Energy Policies of IEA Countries: The United States, 2014 Review. OECD/IEA, 2014. Paris. Disponibile su: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/USA_2014.pdf
- International Energy Agency, 2015: CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights (2015 edition), IEA/OECD. Disponibile su: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>
- International Energy Agency, 2015: Energy Balances of Non-OECD Countries (2015 edition), IEA/OECD. Disponibile su: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldTrends_NonOECD_countries2015.pdf
- International Energy Agency, 2015: Energy Balances of OECD Countries (2015 edition), IEA/OECD, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyBalancesofOECDcountries2015editionexcerpt.pdf>

- International Energy Agency, 2016: IEA Executive Director travels to Beijing for G20 Energy Ministerial. 2016 News Articles [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/newsroomandevents/news/2016/june/iea-executive-director-travels-to-beijing-for-g20-energy-ministerial.html>
- International Energy Agency, 2016: Recent Trends in the OECD: Energy and CO₂ Emissions (2016 preliminary), IEA/OECD. Disponibile su: https://www.iea.org/media/statistics/Recent_Trends_in_the_OECD.pdf
- IRENA, 2014: Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis. IRENA, Abu Dhabi. Disponibile su: http://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf
- IRENA, 2016: Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics. IRENA, Abu Dhabi. Disponibile su: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Measuring-the-Economics_2016.pdf
- IPCC, 2000: Emissions Scenarios, Cambridge University Press, UK. pp 570. Capitolo 3.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Oberheitmann, A., 2013. Long-Term Kaya-Identity Analysis and Prerequisites of a Sustainable and Green Economic Growth in a 2°C World. ISPSW Strategy Series: Focus on Defense and International Security. Vol. 236. July 2013. Disponibile su: https://www.files.ethz.ch/isn/167156/236_Oberheitmann.pdf
- President Obama, B., 2013: The Climate Action Plan. June 2013. Disponibile su: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>

Siti web:

- http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_observedchanges.php
- <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- <http://climate.nasa.gov/vital-signs/land-ice/>
- <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
- <https://www3.epa.gov/climatechange/science/causes.html>
- <https://www3.epa.gov/climatechange/basics/>
- <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- <http://www.qualenergia.it/sites/default/files/articolo-doc/Q4-investment-fact-pack.pdf>