



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

## Corso di Laurea magistrale in Economia e Finanza Intermediari e Mercati Finanziari

### — Tesi di Laurea

Ca' Foscari  
Dorsoduro 3246  
30123 Venezia

# Kyoto Protocol, Carbon Market ed economia reale.

Evidenze empiriche del rapporto tra economia  
reale e regolamentazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>

#### **Relatore**

Prof.ssa Monica Billio

#### **Laureando**

Simone Noventa

Matricola 811200

#### **Anno Accademico**

2011 / 2012

## Indice

<b>Introduzione .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Il riscaldamento globale. ....</b>	<b>8</b>
<b>2. Il protocollo di Kyoto, la nascita e l'evoluzione. ....</b>	<b>14</b>
<b>3. Paesi aderenti il Protocollo, le differenti tipologie .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Meccanismi incentivanti previsti dal protocollo di Kyoto .....</b>	<b>17</b>
I. Clean Development Mechanism (CDM) .....	17
II. Joint Implementation (JI).....	17
III. Emissions Trading (ET).....	18
<b>5. Assegnazione delle quote di CO<sub>2</sub> (EUA) per la fase II.....</b>	<b>21</b>
<b>6. Analisi empirica. Statistiche descrittive.....</b>	<b>25</b>
I. EU ETS .....	25
II. O-I Glass Melted Packed Tons .....	26
III. Tasso di interesse Euribor 3 mesi .....	28
IV. Cambio Euro Dollaro.....	30
V. Prezzo del petrolio .....	31
VI. Prezzo del carbone .....	32
VII. Prezzo del gas naturale .....	34
VIII. Temperatura media Nord Europa .....	35
<b>7. I modelli teorici e studi precedenti .....</b>	<b>37</b>
I. Modello teorico.....	38
II. Aspettative di relazioni. ....	39
III. Analisi di Integrazione.....	40
<b>8. Il modello statico .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Il modello dinamico .....</b>	<b>48</b>
<b>Conclusioni .....</b>	<b>60</b>

<b>Appendice A: Modifiche al Emission Trading Scheme per la terza fase.....</b>	<b>62</b>
<b>Appendice B: Augmented Dickey–Fuller test .....</b>	<b>64</b>
<b>Appendice C: Richiamo teorico test ADF sulle differenze prime.....</b>	<b>65</b>
<b>Appendice D: Test ADF sui livelli .....</b>	<b>66</b>
<b>Appendice E: Test ADF sulle differenze prime.....</b>	<b>74</b>
<b>Appendice F: Modello Dinamico Saturo.....</b>	<b>81</b>
<b>Appendice G: Cross correlogrammi .....</b>	<b>84</b>
<b>Appendice H: Test di eteroschedasticità di White .....</b>	<b>88</b>
<b>Appendice I: Modello ARMA (p,q) .....</b>	<b>89</b>
<b>Appendice L: Grafici Supplementari.....</b>	<b>90</b>
<b>Bibliografia e fonti dei dati.....</b>	<b>93</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>95</b>

## Elenco delle Figure

<b>Figura 1.</b> Stabilimenti O-I a fine 2011. ....	7
<b>Figura 2.</b> Emissioni di CO <sub>2</sub> , in GigaTonnelate, suddivise per continenti nell'anno 1985 .....	9
<b>Figura 3.</b> Previsioni per l'anno 2025 delle emissioni di CO <sub>2</sub> , in GigaTonnelate.. ....	10
<b>Figura 4.</b> Anomalie relative alla temperatura media annuale su mari e continenti.....	11
<b>Figura 5.</b> Possibili conseguenze del surriscaldamento globale. ....	12
<b>Figura 6.</b> Cambiamento della temperatura dal 1900 ad oggi .....	12
<b>Figura 7.</b> Concentrazione di PPM di CO <sub>2</sub> nell'atmosfera negli ultimi 100 anni .....	13
<b>Figura 8.</b> Stati che hanno aderito al Protocollo di Kyōto al febbraio 2012. ....	16
<b>Figura 9.</b> Tabella delle quantità di emissioni assegnate a livello nazionale per l'Italia.....	21
<b>Figura 10.</b> Suddivisione delle quote annuali assegnate agli impianti operativi, per segmenti .....	22
<b>Figura 11.</b> Grafico del prezzo delle quote relative alle emissioni di CO <sub>2</sub> .....	25
<b>Figura 12.</b> Grafico della produzione di glass melted tonns per ogni area in cui opera l'azienda. ....	27
<b>Figura 13.</b> Confronto grafico tra la produzione di glass melted tonns.....	27
<b>Figura 14.</b> Grafico della somma di tutta la produzione di glass melted tonns a livello europeo .....	28
<b>Figura 15.</b> Grafico relativo all'indice Euribor a 3 mesi.....	29
<b>Figura 16.</b> Rappresentazione grafica del tasso di cambio Euro Dollaro.....	30
<b>Figura 17.</b> Rappresentazione grafica del prezzo del Brent.. ....	32
<b>Figura 18.</b> Rappresentazione grafica del prezzo del carbone. ....	33
<b>Figura 19.</b> Rappresentazione grafica del prezzo del gas naturale.. ....	34
<b>Figura 20.</b> Rappresentazione grafica della media delle temperature del nord Europa. ....	35
<b>Figura 21.</b> Rappresentazione grafica della media delle temperature del centro-sud Europa.....	36
<b>Figura 22.</b> Previsione statica serie ETS. ....	43
<b>Figura 23.</b> Confronto tra la serie ETS reale e il forecast stimato dal modello statico .....	44
<b>Figura 24.</b> Differenza tra il Forecast statico e la serie ETS reale .....	45
<b>Figura 25.</b> Correlogramma dei residui derivanti dal modello dinamico.....	51
<b>Figura 26.</b> Grafico relativo alla distribuzione dei residui ed ai test associati. ....	53
<b>Figura 27.</b> Previsione stimata con il modello dinamico per la serie ETS .....	57
<b>Figura 28.</b> Confronto tra la serie ETS reale e il forecast stimato dal modello dinamico.....	58
<b>Figura 29.</b> Differenza tra il Forecast e la serie ETS reale. ....	59

## Introduzione

Lo scopo dell'argomento di studio è di evidenziare una possibile relazione tra il mercato delle quote di CO<sub>2</sub>, conosciuto come ETS e introdotto con protocollo di Kyoto, ed i principali fattori economici che influenzano quotidianamente l'economia europea.

Più precisamente, si proporrà un modello econometrico atto a comprendere con che modalità e in che misura il prezzo delle quote di emissioni di CO<sub>2</sub>, presente nel mercato ETS, sia stato influenzato dalle principali variabili macroeconomiche e dalla produzione a livello europeo della multinazionale O-I, impresa leader nel settore del glass packaging.

Dai primi anni in cui è entrato in vigore il Protocollo di Kyoto (1999) sino ai giorni d'oggi, si è potuto notare una notevole evoluzione nella gestione energetica, dell'ottimizzazione delle risorse ma soprattutto nel controllo delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

Dall'implementazione del mercato di scambio, avvenuta nel 2005, le quote di emissioni di CO<sub>2</sub>, possono rappresentare un costo aggiuntivo per le imprese ma anche una opportunità di guadagno. Le imprese, alle quali viene assegnato un quantitativo fisso di CO<sub>2</sub> emettabile ogni anno, possono, attraverso il libero scambio delle quote di emissioni, comprarle o venderle contrattandole sul mercato in base alle proprie necessità, in una maniera del tutto simile ad un mercato borsistico.

Il mercato di riferimento, ove sono quotati i certificati di emissioni di CO<sub>2</sub>, è l'European Trading Scheme (ETS) ed è stato previsto dal trattato di Kyoto entrando in effettivo funzionamento a partire dal 2008.

L'ETS viene considerato come uno dei tre meccanismi incentivanti previsti dal trattato (gli altri due sono il Joint Implementation e il Clean Development System) ed ha il fine ultimo di incentivare le realtà più virtuose e penalizzare le più inquinanti. Con l'implementazione dell'ETS, si è introdotto il concetto base del meccanismo sottostante: la possibilità di interscambiare le quote di CO<sub>2</sub> in un mercato regolamentato. Ogni anno, l'UE assegna un certo quantitativo di certificati ad ogni stato (che poi saranno ripartite tra le imprese operanti) nei quali vi è insito il diritto di emettere anidride carbonica nell'atmosfera. Ognuno di essi, corrisponde alla possibilità di emettere una tonnellata di CO<sub>2</sub>.

Tali certificati, sono chiamati EUA (European Union Allowances) e, ai fini della verifica delle ipotesi presenti nell'elaborato, saranno considerati come variabile dipendente nei modelli proposti.

I regressori dei nostri modelli invece, consistono nelle variabili macroeconomiche più influenti per l'economia europea tra cui è possibile ritrovare: il cambio euro dollaro e il tasso euribor a 3 mesi ed altre che si riferiscono al mercato energetico, ovvero il prezzo del: carbone, petrolio, gas naturale.

In aggiunta alle variabili macroeconomiche prese in considerazione finora, si cercherà di dimostrare una relazione con il mondo produttivo utilizzando, come ulteriore regressore, la produzione a livello europeo della multinazione americana Owens-Illinois (O-I).

Considerando l'impresa come uno dei più grandi produttori a livello mondiale di glass packaging, si può assumere che rappresenti un buon benchmark della produzione del settore. Il gruppo Owens-Illinois Glass Co. nacque, nel 1929, dalla fusione di due giganti dell'industria americana: Illinois Glass Co. e Owens Glass Co. e da allora divennero la più grande società di produzione di vetro per glass packaging a livello mondiale.

O-I produce bottiglie di vetro per birre, soft drink, superalcolici, vino, cibo, tè, succhi di frutta e contenitori per prodotti farmaceutici in molteplici forme e colorazioni. Ad oggi, offre i suoi prodotti in quattro principali aree geografiche: Europa, America settentrionale, America meridionale e Asia-Pacifico.

Sebbene il glass packaging rimase sempre il core business dell'azienda, negli anni sperimentarono altre aree di affari tra cui, uno tra i più redditizi nella storia d O-I, il segmento relativo alle materie plastiche che, nell'anno 1995, raggiunse un miliardo di dollari di fatturato (in seguito venduto a Rexam PLC nel 2007) <sup>1</sup>.

Attualmente O-I è quotata nel NYSE ed è una componente del S&P 500 dal 2009 con una capitalizzazione di mercato intorno ai 3 miliardi di dollari.

Per dare un'idea del volume di affari e della dimensione della compagnia, si possono prendere come riferimento i principali dati finanziari pubblicati a dicembre 2011:

7.4 miliardi di \$ di vendite.

81 stabilimenti in 21 paesi.

24,000 lavoratori in tutto il mondo.

49,000+ clienti in 86 paesi.

10,000+ tipologie di prodotti.

1,900+ brevetti a livello mondiale <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Fonte: O-I press release

<sup>2</sup> Fonte: O-I Annual Report 2011



## 1. Il riscaldamento globale.

Sin dall'inizio dei tempi, il nostro pianeta ha subito numerose fasi climatiche. Si sono alternati periodi di glaciazione ad altri più caldi sino ad arrivare ai giorni d'oggi in cui la temperatura si è stabilizzata attorno a dei valori che permettono lo sviluppo della vita.

Oggi si sta assistendo ad un fenomeno opposto a quello che per millenni ha impedito lo sviluppo della vita ovvero il surriscaldamento terrestre.

Tal effetto è dovuto principalmente all'accumulo di gas serra nell'atmosfera i quali non permettono ad una parte dei raggi infrarossi emessi dal sole, una volta rimbalzati sulla superficie terrestre, di uscire dalla atmosfera terrestre contribuendo quindi ad un ulteriore incremento della temperatura.

I principali sei gas serra, responsabili di questo fenomeno, sono:

- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)
- Methane (CH<sub>4</sub>)
- Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)
- Hydrofluorocarbons (HFCs)
- Perfluorocarbons (PFCs)
- Sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>)<sup>4</sup>

Il genere umano, per propria natura, produce CO<sub>2</sub> consumando ossigeno. Ovviamente il problema del surriscaldamento globale non è dovuto alle emissioni dei singoli individui bensì dalle attività che l'uomo ha implementato. Sin dalla prima rivoluzione industriale, si è cominciato ad emettere grandi quantità di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera a causa dell'utilizzo di combustibili fossili principalmente usati nei processi produttivi come fonte energetica o materia prima facendo sì che, al giorno d'oggi, l'utilizzo delle fonti energetiche inquinanti non rinnovabili raggiungesse un livello di importanza come mai prima d'ora.

In aggiunta alla CO<sub>2</sub> vi è un'altra pericolosa tipologia di gas serra in continua crescita nell'atmosfera ed è il metano (CH<sub>4</sub>). Esso è responsabile per circa il 4-9% dell'effetto serra e la sua capacità di trattenere il calore è 25 volte maggiore a quella della CO<sub>2</sub>. La sua concentrazione atmosferica aumenta di circa l'uno per cento ogni anno ed esso deriva principalmente dalla degradazione di materiale organico in ambiente privo di aria.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Kyoto Protocol to the united nations framework convention on climate change / UNITED NATIONS 1998

Esistono inoltre, dei gas serra non presenti in natura ma generati da processi industriali i quali, una volta emessi nell'atmosfera, sono molto nocivi per il clima, fra loro è possibile trovare: idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo ( $\text{SF}_6$ ).

Ai fini di creare una unità di misura di inquinamento standard e quindi comparare facilmente la pericolosità dei vari gas, si è ricorso ad una misura convenzionale definita come Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP<sup>5</sup>).

A titolo di esempio, il  $\text{N}_2\text{O}$  di 298, il HFC-23 di 14800 sino ad arrivare all'esafluoruro di zolfo con una GWP di 22800.<sup>6</sup>

Partendo dalla GWP di ogni gas è quindi possibile ricavarne le MMTCDE (milioni di tonnellate di carbonio equivalente) semplicemente moltiplicando la quantità di gas emessi per la loro GWP.

Non tutti gli stati contribuiscono in maniera uniforme alla emissione di gas serra, vi sono paesi che inquinano più di altri.

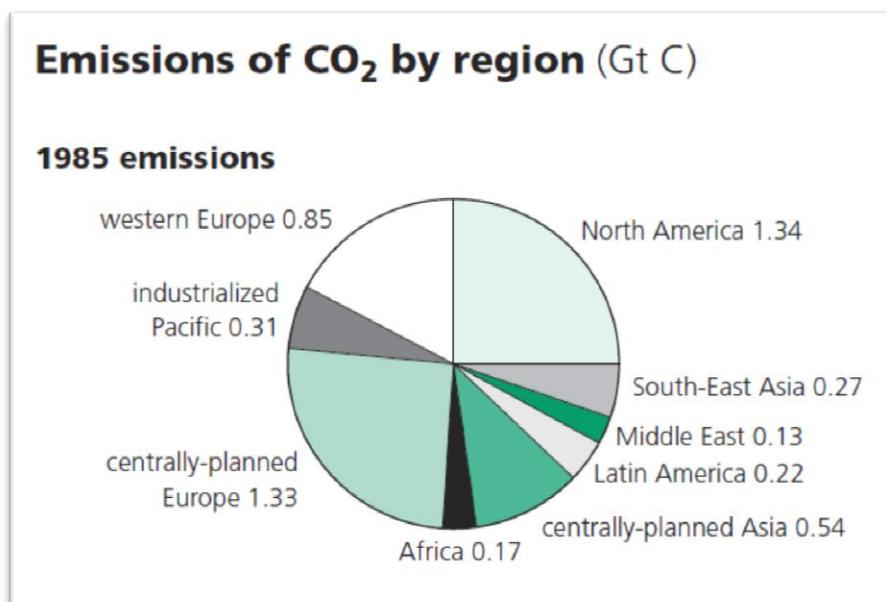


Figura 2. Emissioni di  $\text{CO}_2$ , in GigaTonnelate, suddivise per continenti nell'anno 1985. E' osservabile come, la quantità di emissioni attribuite a North America e Central Europe, sia molto più elevata del resto delle aree.<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Global Warming Potential: definito come contributo all'effetto serra dovuto all'emissione di uno specifico gas nell'atmosfera. Il potenziale è calcolato come rapporto tra il riscaldamento globale causato in un determinato lasso di tempo (100 anni) da una molecola di una data sostanza e quella provocata da una molecola di  $\text{CO}_2$ . Da cui ogni altro gas è espresso come quantità di  $\text{CO}_2$  necessaria per arrivare a tale livello di effetto serra.

<sup>6</sup> Fonte: A. Brohé, N. Eyre, N. Howarth. *Carbon Markets: An International Business Guide*, 2012. Tabella 3.3

<sup>7</sup> Fonte: United Nations Conference on Trade and Development, *Combating Global Warming: study on a global system of tradable carbon emission entitlements* (United Nations, Geneva, 1992, UNCTAD/RDP/DFP/1).

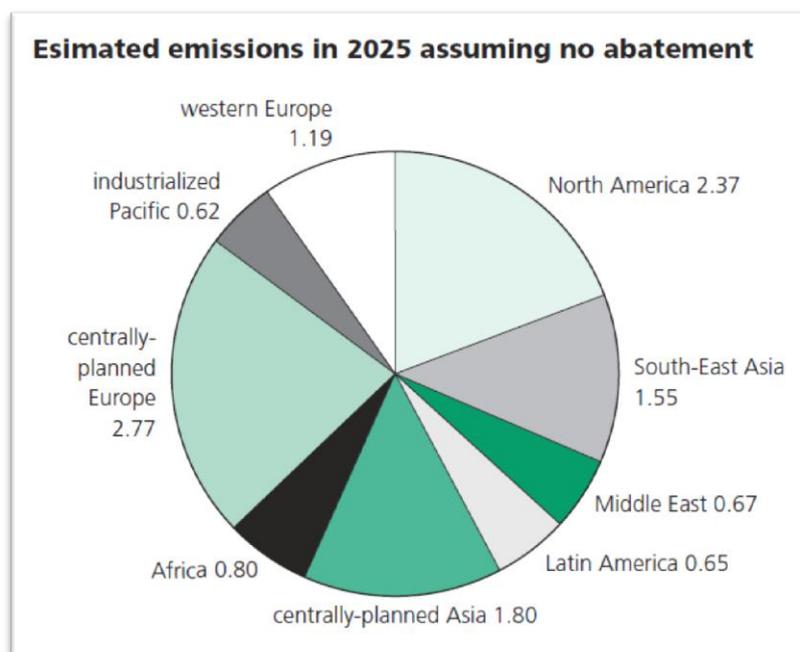


Figura 3. Previsioni per l'anno 2025 delle emissioni di CO<sub>2</sub>, in GigaTonnellate. Il grafico è stato prodotto considerando una politica di non abbattimento delle emissioni da parte della popolazione mondiale. America e Europa sono ancora i protagonisti ma vi è stato un incremento considerevole anche da parte del South-East Asia.<sup>8</sup>

### Il fenomeno del surriscaldamento globale. L'uomo come causa principale

A partire dalla prima rivoluzione industriale, questo naturale cambiamento climatico è stato influenzato dall'attività umana in maniera preponderante. L'istituto del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tramite un rapporto del 2007 ha stimato che, a partire dalla metà del XX secolo, la temperatura media della superficie terrestre è aumentata di  $0,74 \pm 0,18$  °C. Nel medesimo report inoltre, vi è contenuta anche la previsione che, nel XXI secolo, la temperatura potrebbe innalzarsi ulteriormente a partire da 1,1 °C sino a 6,4 °C, a seconda dei modelli utilizzati.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Fonte: United Nations Conference on Trade and Development, Combating Global Warming: study on a global system of tradable carbon emission entitlements (United Nations, Geneva, 1992, UNCTAD/RDP/DFP/1).

<sup>9</sup> Fonte: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

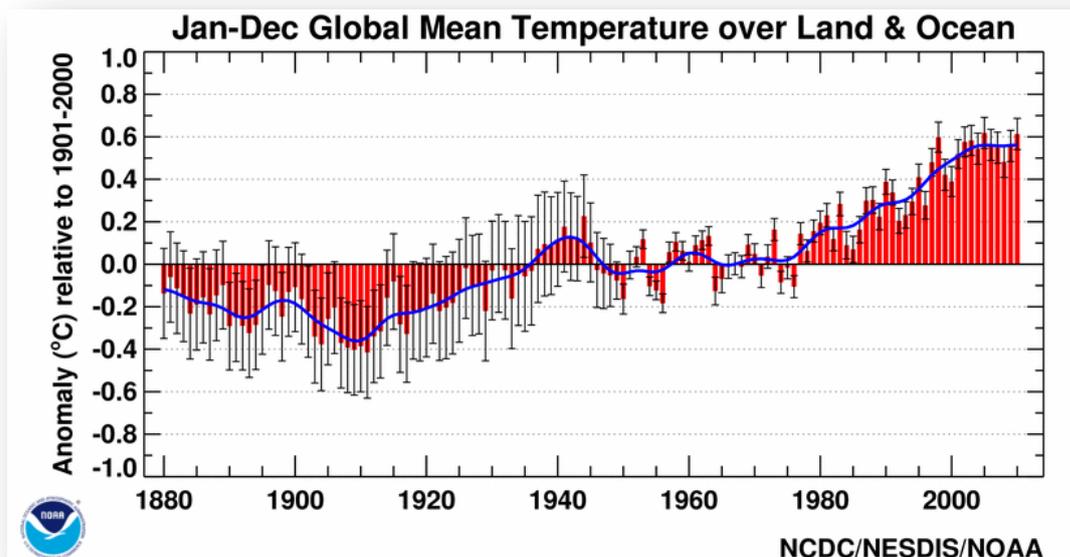


Figura 4. Anomalia relative alla temperatura media annuale su mari e continenti. Periodo 1980 -2012. Dal grafico, è possibile notare come vi sia un incremento anomalo della temperatura media annuale sulla superficie terrestre e oceanica rispetto alla media calcolata nel periodo 1901-2000.<sup>10</sup>

### Conseguenze del surriscaldamento globale

Un aumento costante della temperatura terrestre di queste entità comporterà negli anni un incremento delle aree desertiche e un progressivo scioglimento dei ghiacciai polari, da cui un successivo innalzamento del livello degli oceani causando così sconvolgimenti climatici a livello globale.

Generalizzando, tra le plausibili conseguenze del surriscaldamento vi si trovano: siccità, uragani, allagamenti dovuti a straripamenti di fiumi ed a pesanti piogge, giornate estremamente calde soprattutto in climi urbani con un elevato grado di urbanizzazione, incremento del livello dei mari.

<sup>10</sup> Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration ([NOAA](#)) - National Climatic Data Center ([NCDC](#))



Figura 5. Possibili conseguenze del surriscaldamento globale. Siccità, uragani, incremento del livello del mare e inondazioni. <sup>11</sup>

Secondo vari studi, il globo terrestre ha sempre seguito delle fasi climatiche che ne hanno alterato la temperatura media. Come si può notare dal grafico sottostante, vi è stato un significativo aumento della temperatura media nell'ultimo secolo, all'incirca da quando si cominciò ad utilizzare in massa i combustibili fossili.

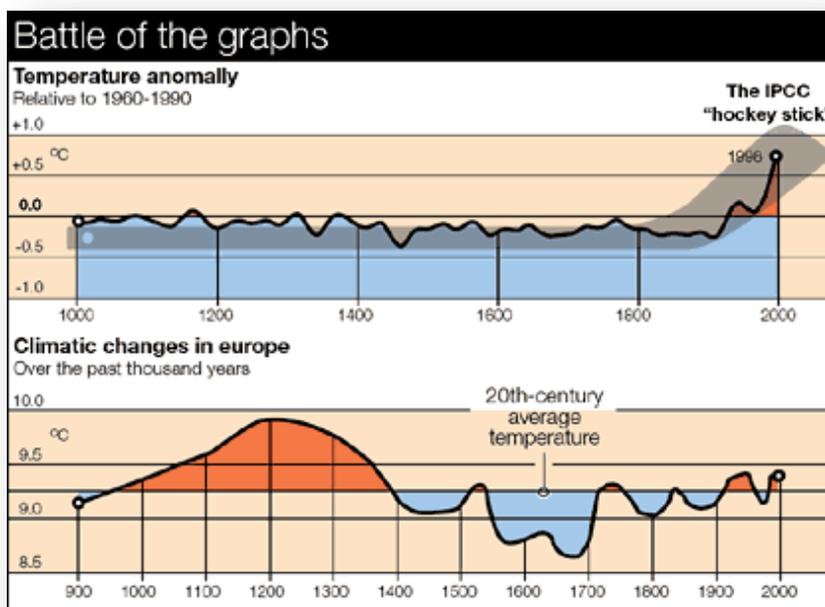


Figura 6. Cambiamento della temperatura dal 1900 ad oggi. Si può notare un incremento significativo della temperatura media nell'ultimo secolo ed una leggera flessione in rialzo per quanto riguarda la comparazione su scala millenaria. <sup>11</sup>

<sup>11</sup> Tratto dal report del 2005 del Intergovernmental Panel on Climate Change delle Nazioni Unite (IPCC)

Alla stessa maniera, a dimostrazione dell'importante influenza dell'inquinamento atmosferico sull'aumento della temperatura, è possibile notare come la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera sia aumentata a dismisura negli ultimi 100 anni. Senza ombra di dubbio, buona parte del surriscaldamento attuale è dovuto all'effetto serra creatosi a seguito del massiccio inquinamento.

Nel grafico sottostante è possibile avere un quadro generale dell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico in ppm negli ultimi 1000 anni. Si può notare come vi sia stato un incremento esponenziale negli ultimi 100 anni a causa della industrializzazione dei paesi.

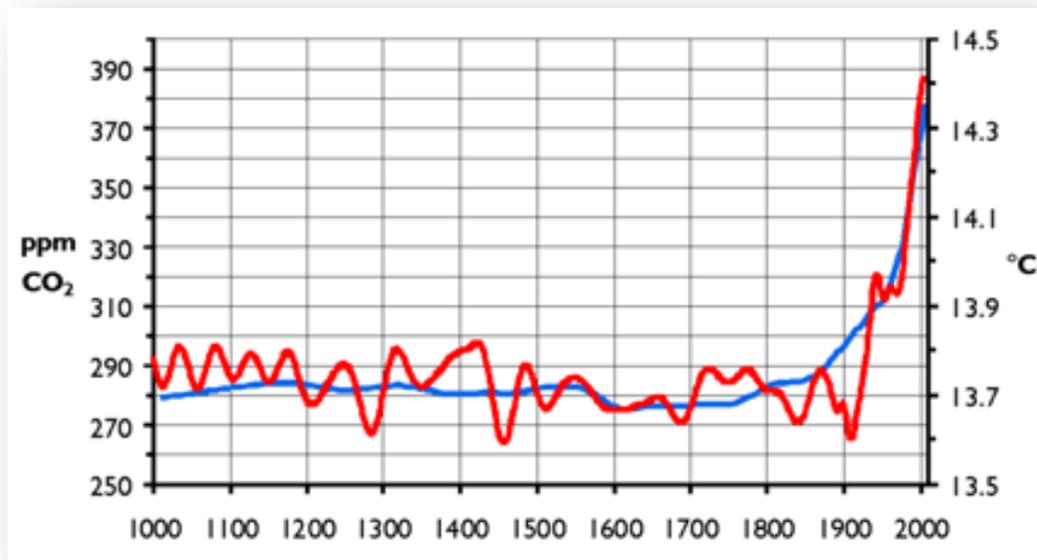


Figura 7. Concentrazione di PPM di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera (linea rossa) e temperatura media (linea blu). Negli ultimi 100 anni la concentrazione di ppm è aumentata del 30% seguito da un aumento della temperatura del 5% <sup>12</sup>

Per evitare il peggio, agli inizi degli anni '90, molti stati cominciarono a dedicarsi seriamente a contrastare il sempre più pressante cambiamento climatico.

<sup>12</sup> Tratto dal report del 2005 del Intergovernmental Panel on Climate Change delle Nazioni Unite ([IPCC](http://www.ipcc.org))

## **2. Il protocollo di Kyoto, la nascita e l'evoluzione.**

Nel 1992 si ebbe la prima grande presa di coscienza riguardo alle responsabilità per il cambiamento climatico attraverso il cosiddetto "Summit della Terra". All'incontro presenziarono le delegazioni di 154 nazioni le quali stipularono la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, conosciuta al mondo come UNFCCC.<sup>13</sup>

Il trattato, con entrata in vigore posticipata al 21 marzo 1994, non aveva nessun obbligo vincolante per i paesi ma tracciava delle linee guida per futuri accordi in vista dell'impegno di ridurre, rispetto ai valori del 1990, le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Durante gli anni successivi al 1994, le delegazioni decisero di incontrarsi con cadenza annuale, alla Conferenza delle Parti (COP).

Gli incontri successivi furono a Berlino (COP 1), Ginevra (COP 2), sino ad arrivare a Kyoto nel 1997 anno in cui più di 160 paesi si incontrarono per siglare un patto vincolante sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico. Le clausole vincolanti riguardavano il decremento delle emissioni delle sei principali categorie di gas serra e la loro attuazione temporale.

Nel 2000 però, ovvero solo qualche anno dopo, gli Stati Uniti, in discordanza con alcune disposizioni proposte dall'UE, decisero di non ratificare il trattato e di non partecipare al programma. Nonostante la perdita di credibilità che subì l'intero programma dovuta alla non adesione degli USA non si fermarono e, una volta ratificato anche dalla Russia (2004) e raggiunta l'adesione del 55% dei paesi, il protocollo entrò effettivamente in vigore il 16 febbraio 2005.

Il trattato prevede l'obbligo per i paesi industrializzati di ridurre, nel periodo 2008-2012, le proprie emissioni annue di gas serra (CO<sub>2</sub> e altri 5 gas: metano, ossido di azoto (NO<sub>x</sub>), idrocarburi, perfluorcarburi e esafluoruro di zolfo) sino a portarle ad una soglia inferiore del 5,2% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, anno preso come riferimento. Non erano previste invece, soglie per i paesi in via di sviluppo, in quanto considerate non responsabili dell'attuale situazione climatica.

In media tutti i paesi sono tenuti a rispettare il vincolo del 5,2%, solo per i paesi più sviluppati furono previsti speciali vincoli in quanto responsabili di maggiori emissioni relativamente al passato. In particolare all'Unione Europea fu deciso di applicare un tasso dell'8%.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> UNFCCC: United Nation Framework Convention on Climate Change, New York City, U.S.

<sup>14</sup> Fonte: UNFCCC, 1997

### 3. Paesi aderenti il Protocollo, le differenti tipologie

All'interno del protocollo sono previsti quattro differenti gruppi di adesione ai quali corrispondono differenti obbligazioni:

**Annex I:** include i paesi industrializzati precedentemente membri dell' OECD <sup>15</sup> nel 1992 più paesi con economie in transizione (EIT), inclusa la Federazione Russa, gli Stati Balcanici e alcuni stati dell'Europa centrale e dell'est.

**Annex II:** vi sono raggruppati tutti gli stati membri del Annex I ma non i paesi EIT. Per farne parte sono richieste risorse finanziarie da dedicare agli stati in via di sviluppo per permettere ai medesimi di intraprendere attività di riduzione delle emissioni ai fini di contrastare il cambiamento climatico. Inoltre, i membri di questo gruppo, devono fare il possibile per promuovere lo sviluppo e la condivisione di tecnologie eco-sostenibili in collaborazione con i paesi in via di sviluppo.

I fondi necessari a tale scopo sono forniti principalmente attraverso i meccanismi di finanziamento insiti nella convenzione (trattati nel seguente capitolo).

**Non-Annex I:** Gruppo che comprende principalmente paesi in via di sviluppo.

Alcuni di questi sono riconosciuti particolarmente vulnerabili all'impatto del cambiamento delle condizioni climatiche, tra cui i paesi con coste a livello del mare o con aree soggette a desertificazione e siccità. Ve ne sono altri invece che sono vulnerabili a livello economico in quanto la loro economia si basa principalmente sull'estrazione e il commercio di combustibile fossile e che quindi sono potenzialmente più esposte alle misure del protocollo atte a contrastare il cambiamento climatico.

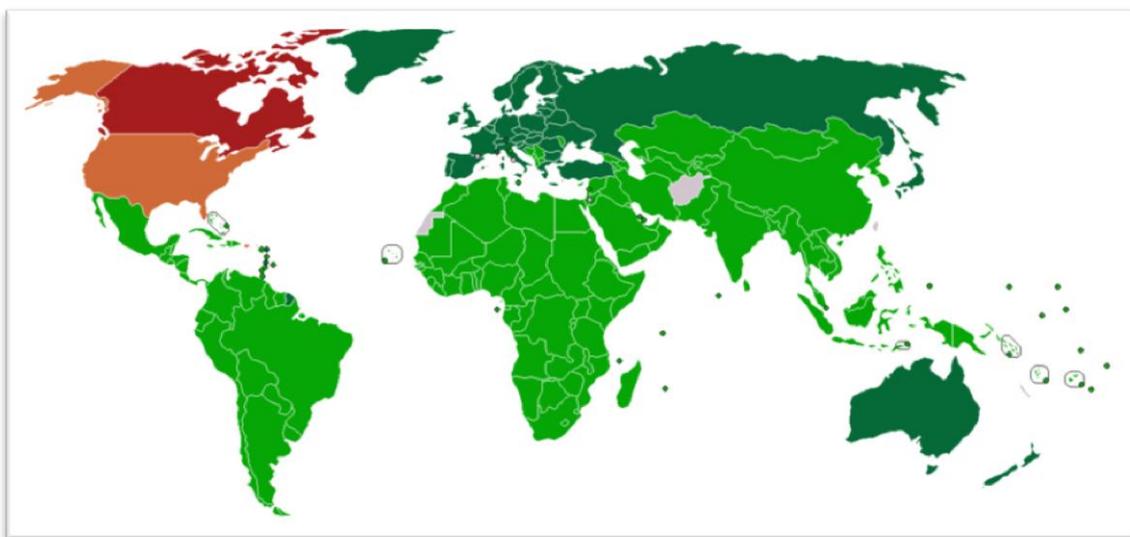
La Convenzione valorizza le attività che promettono di rispondere ai particolari bisogni relativi a questi paesi, come investimenti e condivisione di tecnologie.

---

<sup>15</sup> Convention on the Organization for Economic Co-operation and Development, Parigi 14 Dicembre 1960

**Least Developed Countries (LDCs):** Sono rappresentati da 49 paesi e vengono considerati in maniera particolare in relazione alla loro limitata capacità di contribuire alla lotta al cambiamento climatico e alla difficile adattabilità alle condizioni avverse scatenate dal medesimo. Gli altri gruppi sono chiamati in causa per aiutare I paesi LDCs tramite attività di finanziamento e condivisione tecnologica. Nonostante la mancata adesione degli USA, ad ottobre 2009 gli stati che hanno aderito e ratificato il protocollo risultano 184. Prima di tale data mancavano ancora grandi produttori di gas serra come la Russia (17,6% delle emissioni), che ha ratificato nel 2004 e l’Australia (2,1%), nel 2007.

Il 13 dicembre 2011 il Canada è il primo Paese a ritirarsi dal protocollo di Kyōto.<sup>16</sup>



**Figura 8. Stati che hanno aderito al Protocollo di Kyōto al febbraio 2012. In verde: Stati che hanno firmato e ratificato il trattato (ANNEX I e II in verde scuro), in grigio gli stati che lo hanno firmato ma non ancora ratificato. In rosso stati che hanno ritirato la loro sottoscrizione. In marrone (USA) stati che non hanno ratificato ma sottoscritto.**<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Elenco esaustivo dei paesi aderenti, sito web del [UNFCCC](http://unfccc.org).

<sup>17</sup> Grafico tratto da: Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol)

## 4. Meccanismi incentivanti previsti dal protocollo di Kyoto

### I. Clean Development Mechanism (CDM)

Nel protocollo sono inclusi alcuni meccanismi incentivanti che permettano di raggiungere l'obiettivo prefissato. Il più importante è il **Clean Development Mechanism** il quale consente alle imprese che risiedono nei paesi sviluppati di implementare progetti che permettano di abbattere le emissioni nei paesi in via di sviluppo.

Il vantaggio è duplice, sia per le imprese che li sviluppano, in quanto ottengono dei certificati contenenti dei crediti per le emissioni (**CER**<sup>18</sup>) che per i paesi in via di sviluppo, per i vantaggi sociali, ambientali e di progressione tecnologica che ne derivano. Un esempio classico di progetto è: l'installazione di pannelli solari per fornire elettricità a cittadine non raggiunte dalla rete nazionale.

Per ottenere l'approvazione e ricevere i CER equivalenti è necessario sottoporre il progetto ad una agenzia nazionale prima (**Designed Operational Authority**) e successivamente ad una autorità sovranazionale (**CDM Executive Board**)<sup>19</sup>

### II. Joint Implementation (JI)

Il metodo del **Joint Implementation** (JI) permette sia ai paesi industrializzati sia a quelli ad economia in transizione, di creare progetti per la riduzione delle emissioni relativamente ad un paese presente nello stesso gruppo. In cambio si riceveranno dei crediti, in termini di quote di CO<sub>2</sub>, pari alla differenza tra le emissioni prima e dopo il progetto. I candidati naturali per ospitare questo tipo di progetti sono i paesi in cui vi siano bassi costi marginali di abbattimento.

Il funzionamento di un progetto JI è dunque riassumibile in 3 punti:

- Una impresa, privata o pubblica, implementa un progetto in un altro paese che comporti la riduzione delle emissioni di gas serra.
- La quantità di gas serra emessa con il progetto meno quella che sarebbe stata emessa senza è ritenuta una emissione evitata e per questo sarà accreditata come ERUs.
- I crediti guadagnati possono essere venduti sul mercato o accumulati per far fronte alle proprie emissioni.

Per ottenere l'approvazione di un progetto JI, devono essere compiuti alcuni requisiti fondamentali:

---

<sup>18</sup> **Certified Emission Reduction**: Crediti ottenuti mediante programmi di riduzione delle emissioni. Tali crediti sono vendibili o acquistabili nel mercato come accade per le EUA. L'unità di misura è equivalente a quella delle emissioni assegnate dall'UE ed è sempre di 1 tonnellata di CO<sub>2</sub> per credito.

<sup>19</sup> Fonte: UNFCCC <http://cdm.unfccc.int/DNA/index.html>

- Il progetto deve contribuire ad una riduzione delle emissioni di almeno uno dei gas regolati dal Protocollo di Kyoto (Anidride Carbonica, Metano CH<sub>4</sub>, Protossido di Azoto N<sub>2</sub>O, Idrofluorocarburi HFC, Perfluorocarburi PFC, Esafluoruro di zolfo SF<sub>6</sub>);
- La riduzione delle emissioni deve essere addizionale alla situazione che si avrebbe in assenza di tale progetto (ovvero le emissioni reali dovute al progetto sono minori di quelle che si sarebbero avute in assenza del progetto stesso);
- Non ci sono restrizioni per le categorie di progetto, a meno che non si tratti di un progetto riguardante centrali nucleari;
- Deve essere possibile valutare quantitativamente le emissioni evitate attraverso misure, stime o altri metodi;
- Il progetto deve essere conforme alle linee guida stabilite per i progetti JI dai singoli paesi se il paese ospitante è abilitato a seguire il primo percorso, altrimenti deve essere conforme alle linee guida del Comitato Supervisore.<sup>20</sup>

Le quote di emissioni ottenute tramite i due programmi, avendo lo stesso valore di un EUA, possono essere considerate ad esse equivalenti ai fini del compimento degli obblighi impartiti dalla convenzione. E' importante ricordare però che i crediti derivanti dai programmi possono riguardare esclusivamente il 10% circa (sebbene possa variare di stato in stato) del totale delle emissioni per quanto riguarda la Fase II.

### III. Emissions Trading (ET)

E' il terzo meccanismo incentivante, nonché oggetto del modello proposto, messo in atto dal protocollo di Kyoto e consiste nella possibilità di vendere quote di emissioni di CO<sub>2</sub> tramite un mercato regolamentato. Le imprese, o i paesi, che avranno dei surplus di quote potranno venderle e conseguire un extra profitto o, se in deficit, acquistarle per evitare sanzioni molto più onerose.

L' Emission Trading Scheme (**ETS**) istituì a livello comunitario un sistema di scambio di quote di emissioni di CO<sub>2</sub>, che siano allocate come gli **EUA** (European Union Allowances) o crediti (CERs e ERUs). Tutti e tre i tipi dei certificati hanno la stessa unità di misura ovvero 1 tonnellata di CO<sub>2</sub>.

Il prezzo delle quote di CO<sub>2</sub> è stabilito a livello di mercato tramite contrattazioni di borsa ed è quindi soggetto a normali fluttuazioni in relazione alla domanda e l'offerta le quali, a loro volta, sono influenzate da decisioni di tipo politico, economico ed ambientale.

---

<sup>20</sup> Fonte: Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

Il mercato ETS è, assieme al Kyoto compliance market, il mercato più liquido al mondo. L'unione europea ha adottato il sistema di scambio attraverso il mercato della CO<sub>2</sub> come perno centrale della strategia atta a regolare le emissioni, arrivando così a creare il mercato di riferimento a livello mondiale.<sup>21</sup>

Nel 2009, il valore totale del mercato è cresciuto fino ad arrivare a 103 miliardi di € alla fine dell'anno, con 8,7 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> scambiate pari al 95% del totale del valore delle quote scambiate a livello mondiale.<sup>22</sup>

Il sistema di trading e le piattaforme di scambio ove è possibile compravendere le quote sono molteplici; Nel 2007 ne è stata istituita una in Italia, che va ad aggiungersi alle altre europee già esistenti ed è regolata dal Gestore del Mercato Elettrico (**GME**). Le altre principali piattaforme europee sono: Exaa- Austria, Ecx- Olanda, Eex- Germania, Powernext- Francia e Nordpool- Norvegia.

Come accade nei normali mercati azionari è possibile operare attraverso operazioni bilaterali tra due imprese che hanno raggiunto un accordo oppure con operazioni di interscambio mediate dalla presenza di un broker o di una banca, quest'ultima è tutt'ora la via più utilizzata.

L'implementazione del mercato ETS è stata divisa in tre periodi principali, ciascuno con le proprie peculiarità, con l'obiettivo di incrementare gradualmente l'inserimento della regolamentazione nella realtà aziendale. I periodi in esame dunque sono:

**Fase I**, dal 1° gennaio 2005 al 31 dicembre 2007, è la cosiddetta “fase pilota triennale”. Introduceva una regolamentazione relativa alle sole quote di anidride carbonica ed è stata dedicata allo studio e al perfezionamento attraverso la pratica ai fini di preparazione per la successiva fase.

Durante questi anni si è stabilito un prezzo per la CO<sub>2</sub>, la possibilità di garantire il libero scambio delle quote all'interno dell'UE e l'infrastruttura per rendere possibile lo scambio in maniera efficiente e senza frodi. Durante questo periodo inoltre, sono stati verificati, con metodi via via sempre più accurati, i dati relativi alle effettive emissioni di modo che si potesse avere una solida base per il calcolo per la fase 2. Alla fine della prima fase, tutti i crediti in eccesso e non consumati nel periodo sono stati annullati per poterne allocare di nuovi, in quantità più precise, per la fase successiva.

---

<sup>21</sup> Fonte: Carraro Carlo, Favero Alice. The Economic and Financial Determinants of Carbon Prices, 2009

<sup>22</sup> Fonte: Forecasting the european carbon market by Gary Koop and Lise Tole

**Fase II**, dal 1° gennaio 2008 al 31 dicembre 2012, coincide con il primo periodo di effettivo impegno da parte degli stati aderenti. Come per il triennio precedente, anche in questa fase si introdussero dei limiti per la sola anidride carbonica senza tenere in conto gli altri gas serra sebbene, i singoli stati, potessero adottarne l'inclusione (come fecero ad esempio i Paesi Bassi per il NO<sub>2</sub>) senza però esserne vincolati.

Grazie alle osservazioni effettuate durante la fase 1, in questa seconda parte la Commissione ha diminuito le emissioni concesse, rispetto a quelle allocate nel triennio precedente, per forzare una reale diminuzione dell'inquinamento. Inoltre, si introdusse la possibilità di sfruttare a pieno i meccanismi incentivanti previsti dal protocollo (il CDM e il JI) anche se i nuovi crediti non potevano superare il 10% delle emissioni allocate allo stato per l'anno in questione. Dal 2012 si introdusse anche il settore dell'aviazione all'interno del sistema ETS.

**Fase III**, dal 1° gennaio 2013 al 31 dicembre 2020, consentirà di rafforzare i meccanismi messi in atto nella fase due e di contribuire, in maniera più incisiva, alla diminuzione delle emissioni in quanto diminuiranno gradualmente anno per anno quelle attribuite a ciascuno stato. Si analizzerà le peculiarità della terza fase dopo aver spiegato la modalità di assegnazione valida per la fase II.

## 5. Assegnazione delle quote di CO<sub>2</sub> (EUA) per la fase II.

Il periodo analizzato nel modello è relativo a due anni e mezzo facenti parte della seconda fase del protocollo quindi relativi ad una fase in cui il sistema era entrato in vigore già da un paio di anni. Per capire a grandi linee la logica che vige dietro la decisione di quante emissioni allocare alle singole imprese, è necessario dare uno sguardo alla normativa che decreta il quantitativo di CO<sub>2</sub> emettibile basandosi sull'analisi delle emissioni avvenute durante la fase II.

A titolo di esempio, ai fini di dare una visione empirica del meccanismo, si riporteranno di seguito le disposizioni di allocazioni relative all'Italia.<sup>23</sup>

**Tabella 2.1: Quantità totale che si intende assegnare annualmente nel periodo (2008-2012) agli impianti esistenti**

	2008 [Mt CO <sub>2</sub> ]	2009 [Mt CO <sub>2</sub> ]	2010 [Mt CO <sub>2</sub> ]	2011 [Mt CO <sub>2</sub> ]	2012 [Mt CO <sub>2</sub> ]
<b>Quantità totale di quote che si intendono assegnare</b>	206,72	198,47	191,41	179,72	177,38

**Figura 9. Tabella relativa alle quantità di emissioni assegnate a livello nazionale per l'Italia, con riferimento alle imprese già operanti. Come è possibile osservare le quote allocate seguono un trend discendente deciso appositamente per incentivare le imprese e gli stati ad investire per diminuire le emissioni inquinanti. Dati in milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>**

<sup>23</sup> Fonte: Ministero dell'ambiente.

Dove, prendendo in esame i singoli settori:

**Tabella 3.2 – Distribuzione per attività delle assegnazioni annuali per gli impianti esistenti nel periodo 2008-2012 [MtCO<sub>2</sub>/anno]**

	2008	2009	2010	2011	2012
<b>ATTIVITÀ ENERGETICHE</b>					
<b>Termoelettrico cogenerativo e non cogenerativo</b>	<b>116,64</b>	<b>108,40</b>	<b>101,33</b>	<b>89,64</b>	<b>87,30</b>
<b>Altri impianti di combustione</b>	<b>14,52</b>	<b>14,52</b>	<b>14,52</b>	<b>14,52</b>	<b>14,52</b>
<i>Compressione metanodotti</i>	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
<i>Teleriscaldamento</i>	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
<i>Altro</i>	13,41	13,41	13,41	13,41	13,41
<b>Raffinazione</b>	<b>20,06</b>	<b>20,06</b>	<b>20,06</b>	<b>20,06</b>	<b>20,06</b>
<b>Produzione e trasformazione dei metalli ferrosi</b>	<b>15,76</b>	<b>15,76</b>	<b>15,76</b>	<b>15,76</b>	<b>15,76</b>
<i>Ciclo integrato, sinterizzazione, cokeria</i>	14,47	14,47	14,47	14,47	14,47
<i>Forno elettrico</i>	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
<b>Industria dei prodotti minerali</b>	<b>34,65</b>	<b>34,65</b>	<b>34,65</b>	<b>34,65</b>	<b>34,65</b>
<i>Cemento</i>	27,63	27,63	27,63	27,63	27,63
<i>Calce</i>	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
<i>Vetro</i>	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
<i>Prodotti ceramici e laterizi</i>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>Altre attività</b>					
<i>Pasta per carta/carta e cartoni</i>	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
<b>Totale<sup>*)</sup></b>	<b>206,72</b>	<b>198,47</b>	<b>191,41</b>	<b>179,72</b>	<b>177,38</b>

\*) I totali potrebbero non corrispondere alla somma degli addendi a causa degli arrotondamenti

**Figura 10. Suddivisione delle quote annuali assegnate agli impianti operativi, suddivise per segmenti. La maggior parte delle emissioni è stato allocato per la categoria relativa alle attività energetiche ( in media il 53%) mentre per il settore del vetro solamente il 2% per tutti gli anni presi in considerazione. Dati in milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub><sup>24</sup>**

Per quanto riguarda la quota proporzionale di emissioni assegnata a ciascuna delle varie imprese (per settori non termoelettrici), bisogna tenere conto della quantità globale assegnata all'attività di riferimento e ripartirle per le imprese che vi operano.

Il numero di quote assegnate per singolo impianto è quindi calcolata come segue:

$$Q_{t,j,n} = Q_{t,j} * X_{n,j}$$

Dove:

$Q_{t,j,n}$  = Quote assegnate all'impianto  $n$  appartenente all'attività di riferimento  $j$  nell'anno  $t$

$Q_{t,j}$  = Quote assegnate all'attività di riferimento  $j$  nell'anno  $t$  per tutti gli impianti

$X_{n,j}$  = Quota parte delle emissioni dell'impianto  $n$  rispetto alle emissioni totali relativi all'attività  $j$ .

<sup>24</sup> Serie di tabelle estratte da: Piano Nazionale d'Assegnazione per il periodo 2008-2012.

Volendo applicare la formula generale al settore “vetro”, nel quale opera l’impresa O-I, si avrà:

$$Q_{t,n,\text{vetro}} = Q_{t,\text{vetro}} * X_{n,\text{vetro}}$$

Dove:

$Q_{t,n}$  = Quote assegnate all' impianto  $n$  per l' anno  $t$

$Q_{t,\text{vetro}}$  = Totale quote assegnate all’attività produzione vetro nell’anno  $t$  .

$X_{n,\text{vetro}}$  = Quota parte delle emissioni dell’impianto  $n$  rispetto alle emissioni totali per produzione del vetro.

Riguardo la formula precedente, la quantità  $X_{n,\text{vetro}}$  viene calcolata nel seguente modo:

$$X_{n,\text{vetro}} = \frac{L_{\text{corr},n,\text{vetro}}}{\sum_{i=0}^m L_{\text{corr},i,\text{vetro}}}$$

Dove:

$L_{n,\text{vetro}}$  = livello di attività, corretto al 2007, riguardante l’impianto  $n$  per l’attività *vetro* in cui operano  $m$  impianti.

$\sum_{i=0}^m L_{i,\text{vetro}}$  = somma totale delle emissioni di CO<sub>2</sub>, corretta al 2007, relativi alla produzione di *vetro*, calcolata come sommatoria delle emissioni degli  $m$  impianti.

In particolare il livello di attività  $L_{\text{corr},n,\text{vetro}}$  è calcolata come segue:

$$L_{\text{corr},n,\text{vetro}} = S_{n,\text{vetro}} * (1 + 0.03 * I_{\text{eff}} + 0.03 * I_{\text{esp}})$$

Dove:

$S_{n,\text{vetro}}$  = assegnazione 2007 per l’impianto  $n$  relativo al settore vetro.

$I_{\text{eff}}$  = indice di efficienza, che può essere in alternativa un Indice di Benchmarking (IB). Tale indicatore è basato su fattori di emissione per unità di prodotto specifici per attività di riferimento; esso viene utilizzato in quei settori caratterizzati da produzioni che possono essere ricondotte ad un numero limitato di tipologie in termini di intensità emissiva.

$I_{esp}$  =indice di espansione, che tiene in considerazione eventuali risultati positivi in termini di espansione di quote di mercato.<sup>25</sup>

### **La Fase III del protocollo. La strategia 20-20-20**

Nel dicembre 2009 l'Unione Europea (durante il meeting "COP 15" a Copenhagen) ha varato un pacchetto chiamato "clima-energia", conosciuto altresì come strategia "20-20-20", che comprende alcuni vincoli relativi alla terza fase del protocollo, tra i quali possiamo trovare:

- I. Ridurre i gas ad effetto serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 (del 30% se gli altri paesi sviluppati assumeranno impegni analoghi);
- II. Incrementare l'uso delle energie rinnovabili (eolica, solare, biomassa) giungendo ad una quota del 20% di energia rinnovabile sul totale dei consumi di energia (attualmente le rinnovabili forniscono circa l'8,5% dell'energia totale);
- III. Diminuire il consumo di energia del 20% rispetto ai livelli previsti per il 2020 grazie ad una migliore efficienza energetica.<sup>26</sup>

Il pacchetto prevede inoltre provvedimenti sui limiti delle emissioni delle automobili e sul sistema di trading relativo alle quote di emissioni di CO<sub>2</sub>, ossia il Emissions Trading Scheme.

Per ottenere una riduzione delle emissioni pari al 20% rispetto al 1990, la UE ha messo in campo diverse misure. Alcune di esse prevedono obiettivi di riduzione differenziate per singoli settori e per i diversi Stati membri.<sup>27</sup>

Premessa la storia e l'evoluzione del Protocollo di Kyoto, è dunque possibile procedere con l'implementazione del modello cominciando con la descrizione delle variabili che saranno prese in considerazione per le regressioni.

---

<sup>25</sup> Formule ricavate da: Piano Nazionale d'Assegnazione per il periodo 2008-2012

<sup>26</sup> Fonte: DIRETTIVA 2009/29/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009

<sup>27</sup> Informazioni dettagliate sulle misure adottate in Appendice A.

## 6. Analisi empirica. Statistiche descrittive

Le serie storiche relative alle variabili fanno riferimento ad un arco temporale che va dal 1/1/2010 al 30/06/2012. I dati sono rilevati a cadenza giornaliera e, escludendo la serie delle Glass melted tonns fornita dal database interno alla società, provengono da fonti pubbliche ufficiali (Bloomberg).<sup>28</sup>

### I. EU ETS

Come precedentemente esposto, i certificati relativi alle emissioni di CO<sub>2</sub> sono quotati nel mercato europeo. Ogni certificato, che sia del tipo EUA (European Allowances), CER o ERU (Crediti ottenuti tramite progetti) corrispondono a quanti euro servono per avere la possibilità di emettere 1 tonnellata di CO<sub>2</sub>. Per la nostra analisi si prenderanno in considerazione le quotazioni delle EUA.

Negli ultimi due anni, le quotazioni sono scese in maniera significativa e, a partire dalla seconda metà del 2011, il prezzo è sceso sotto i 10 €/tonn CO<sub>2</sub> assestandosi negli ultimi 6 mesi presi in esame all'interno dell'intervallo tra i 6 e gli 8 euro.

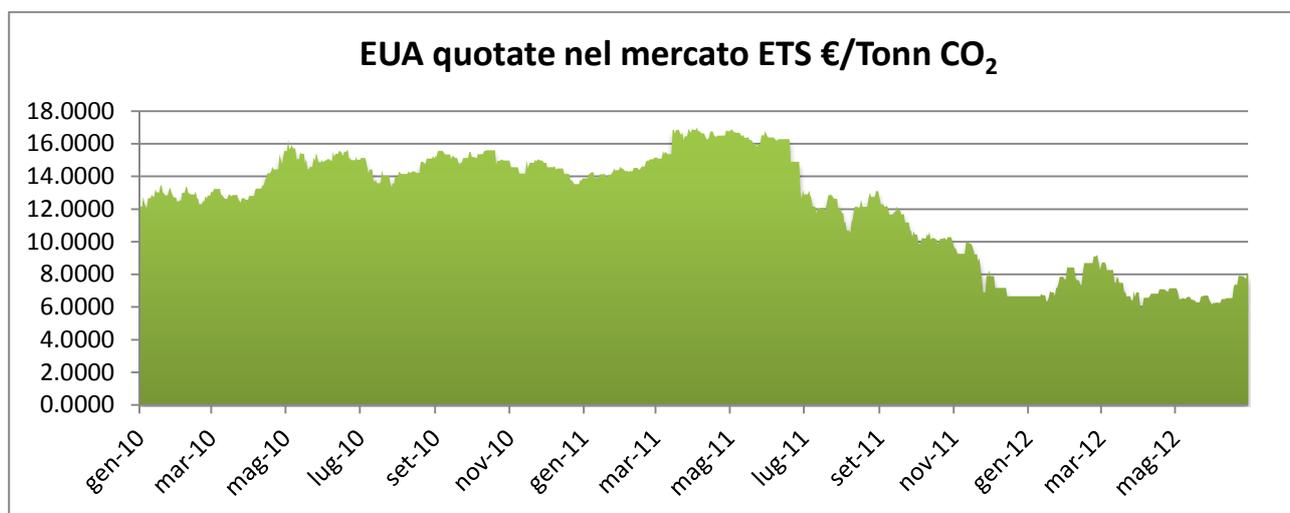


Figura 11. Grafico del prezzo delle quote relative alle emissioni di CO<sub>2</sub> per il periodo 01.2010 – 06.2012.  
Dati in € per tonn di CO<sub>2</sub>

Il mercato da questo punto di vista è decisamente al ribasso. I probabili motivi sono riconducibili alla mancata produzione che caratterizza gli anni da quando è cominciata la crisi finanziaria e che permettono alle imprese di non avere bisogno di acquistare quote addizionali in quanto sono già sufficienti, se non addirittura in esubero, quelle allocate gratuitamente dall'Unione Europea.

La conseguenza è un mercato debole dove l'offerta supera la domanda ed il prezzo di conseguenza si abbassa. E' probabile che ciò accada nella seconda metà dell'anno in quanto le imprese

<sup>28</sup> Vedesi "bibliografia e fonti dei dati"

conoscono con più precisione di quanti certificati avranno bisogno alla fine dell'anno per far fronte agli obblighi di contenimento delle emissioni e vendano quelle in eccesso.

Un'altra motivazione potrebbe essere riconducibile alla mancanza, ad oggi, di un preciso piano di allocazione delle quote per la terza ed ultima fase del protocollo: 2013-2020.<sup>29</sup> Ciò comporta indecisione nel mercato e, dato che vi è la preferenza a monetizzare oggi ciò che potrebbe avere un valore inferiore domani, a vendere le proprie allocazioni facendone di conseguenza diminuire il prezzo.

## **II. O-I Glass Melted Packed Tons**

La serie storica relativa alle “Glass melted packed tons” consiste nell'insieme di vetro prodotto dalla azienda O-I nel periodo in esame. All'interno della serie possiamo trovare quasi tutti i segmenti nei quali commercia ovvero bottiglie per: birre, vino, bevande analcoliche, superalcolici; alimenti; prodotti chimici e farmaceutici; stoviglie (queste ultime solo in Sud e Nord America).

Nella serie presa in considerazione vi è tutta la produzione giornaliera effettivamente venduta (quindi non sono inclusi gli scarti di produzione) a livello europeo e comprendono tutto l'output proveniente dai paesi europei in cui opera l'azienda.

Per dare una idea della ripartizione geografica del mercato O-I, è possibile suddividere la produzione per regioni e ricavarne la contribuzione percentuale sul totale:

- North West Europe: 20%, composto da Regno Unito e Olanda.
- Central Europe: 35%, comprende Germania e Francia.
- South Europe: 30%, con Spagna e Italia.
- East Europe: 15%, in cui si ritrovano Polonia, Ungheria, Estonia e Rep Ceca.

Dal grafico seguente si può notare come sia diversa la produzione suddivisa per area geografica nel corso del biennio analizzato (la scala esatta di misurazione è stata volutamente omessa per motivi di copyright).

---

<sup>29</sup> Fonte: Forecasting the European carbon market by Gary Koop and Lise Tole

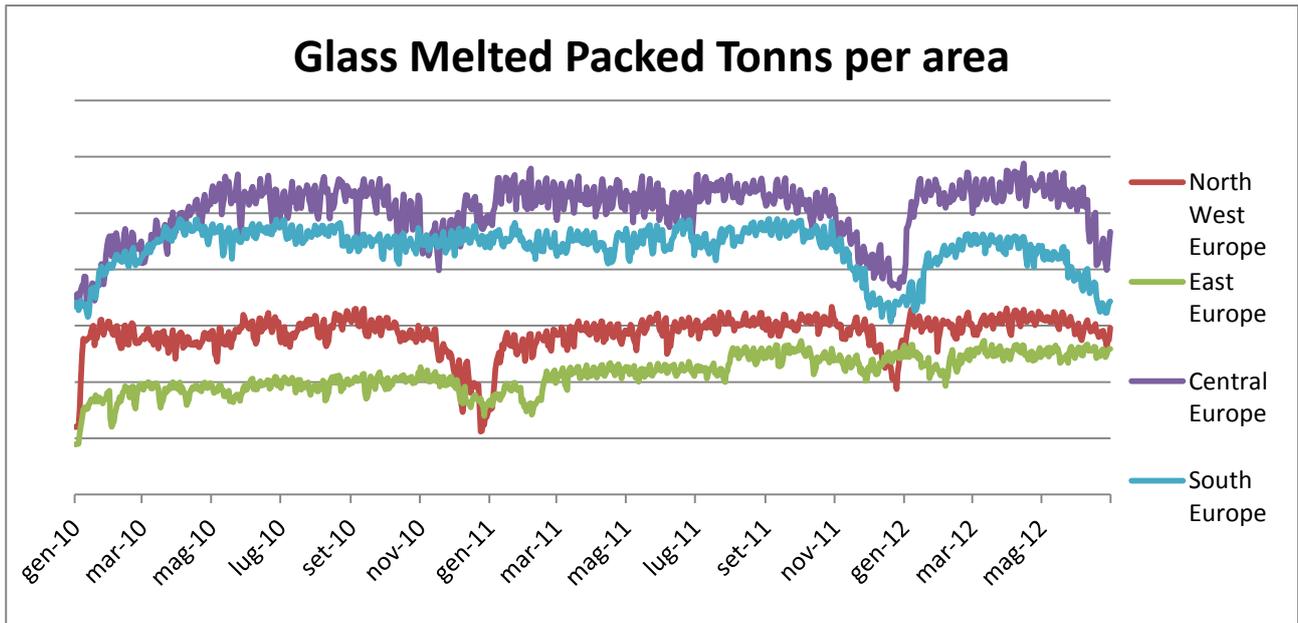


Figura 12. Grafico della produzione di glass melted per il periodo 01.2010 - 06.2012 per ogni zona in cui opera l'azienda. Dati a frequenza giornaliera in tonnellate di vetro al giorno.

Come è possibile notare dalle percentuali di cui sopra e dal seguente grafico, le due aree geografiche in cui l'impresa è più presente sono quella centrale e quella sud, da sole superano il 65% della produzione. Di conseguenza sarà possibile notare una forte influenza dell'andamento economico dei paesi inclusi nei due gruppi sul totale dei prodotti finiti.

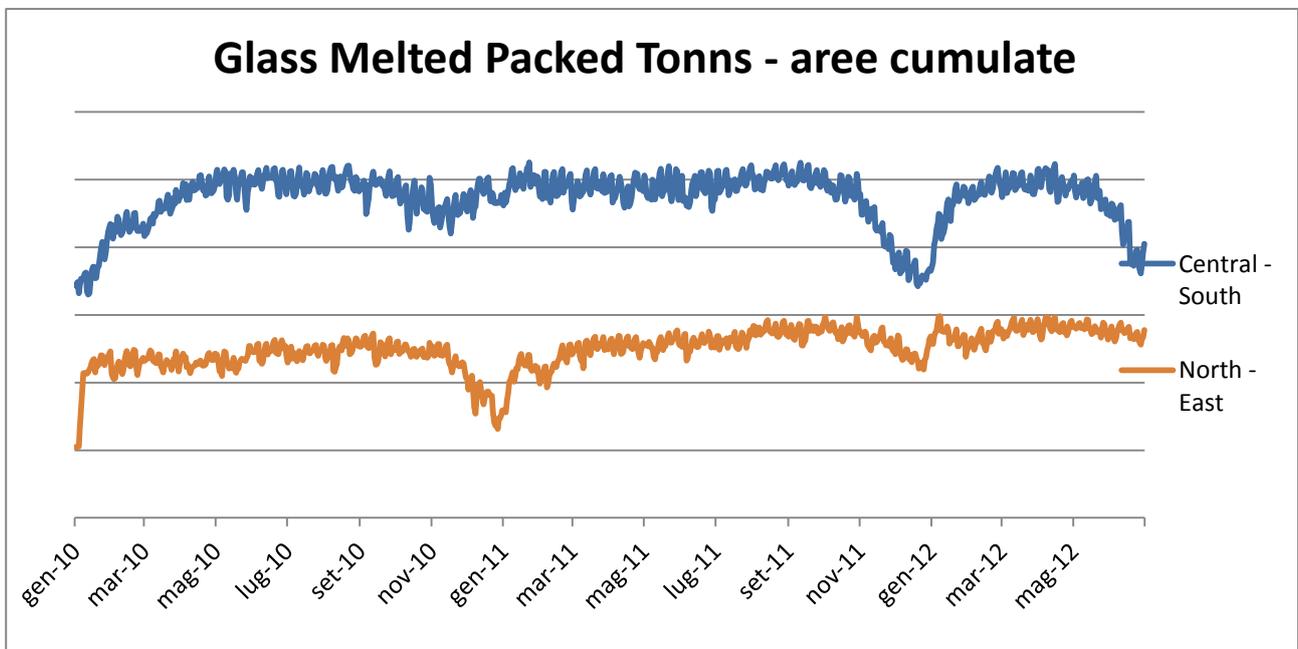


Figura 13. Confronto grafico tra la produzione di glass melted packed per l'area central-south e north-east. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati a frequenza giornaliera in tonnellate di vetro al giorno.

Se invece consideriamo l'ammontare totale della produzione è possibile delineare un quadro più generale:

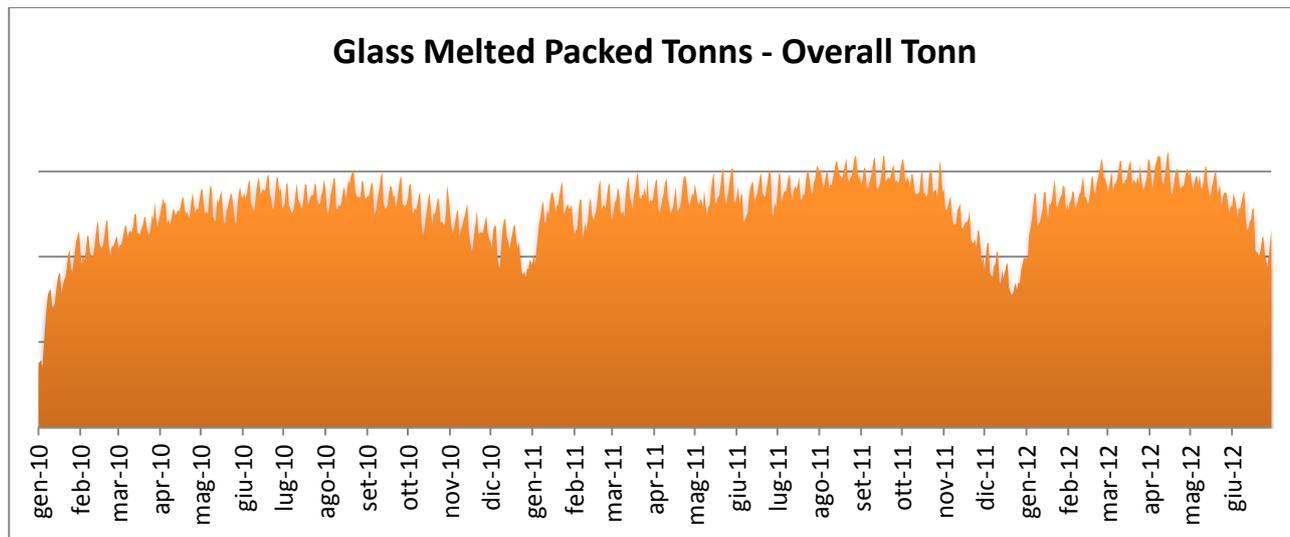


Figura 14. Grafico rappresentante la somma di tutta la produzione di glass melted a livello europeo. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati a frequenza giornaliera in tonnellate di vetro al giorno.

Come è possibile notare dal grafico, vi è una forte componente stagionale sia a livello annuale che mensile dovuta principalmente alla tipologia di business e a tempi di produzione. Il livello più alto di vendite lo si ha nei periodi antecedenti l'estate, per tutta la categoria di prodotti alimentari, ed al periodo estivo, per il periodo di inizio-autunno della vendemmia.

Successivamente, vi è un normale calo della produzione nel periodo invernale, dovuta alla minore necessità di contenitori per alimenti e vini, per poi riprendere con un ripresa del livello con l'avvento del nuovo anno.

### III. Tasso di interesse Euribor 3 mesi

Il tasso di interesse è un indicatore base del costo del denaro in un paese. Essendo l'Europa unita da una moneta comune, vi sono dei tassi di riferimento per il costo del denaro uguali per tutti gli stati membri.

Il tasso di riferimento base più comune è quello dei prestiti interbancari Euribor. La differenza tra il tasso effettivamente pagato dalle imprese e il tasso di riferimento varia molto a seconda di molti fattori come ad esempio il rischio connesso alla solvibilità del debitore, la lunghezza del periodo di riferimento, le garanzie a copertura del debito.

Per la nostra analisi, in quanto relativa al mercato europeo, prenderemo in considerazione l'Euribor a 3 mesi. La scelta del tasso di riferimento con scadenza trimestrale è dovuta alle condizioni medie

di finanziamento, al quale poi verrà apposto uno spread costante che la società O-I è in grado di ottenere sul mercato a seconda del proprio merito di credito.

Come è possibile notare, nel periodo preso in considerazione vi è stata una notevole variazione del tasso con un considerevole incremento verso la fine del 2011 per poi perdere nuovamente valore con il peggioramento della crisi.

Un decremento così accentuato è dovuto senza ombra di dubbio alla politica economica espansiva messa in atto in maniera massiccia dalla Banca Centrale Europea per contrastare la crisi dei debiti sovrani che ha afflitto i principali mercati d'Europa e del mondo. Tale misura si ritiene sia propedeutica a rifornire il mercato di liquidità causando di conseguenza un abbassamento del costo del denaro e contestualmente, come effetto collaterale, un aumento dell'inflazione.

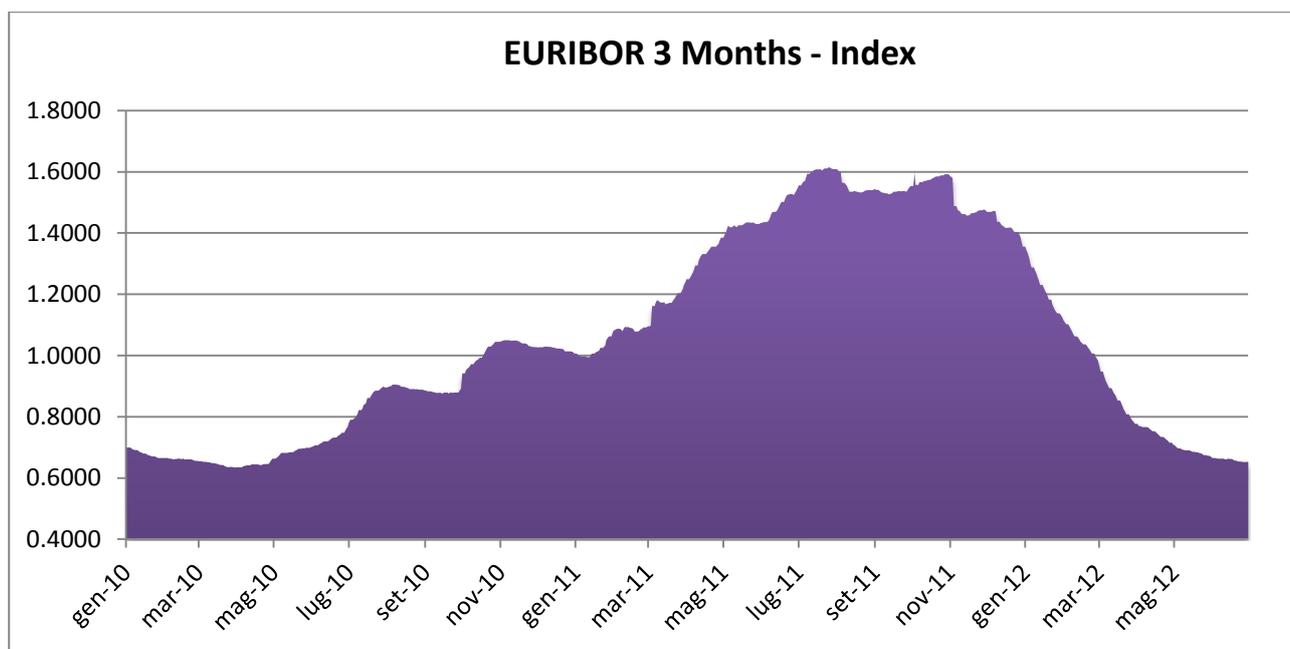


Figura 15. Grafico relativo all'indice Euribor a 3 mesi. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati a frequenza giornaliera.

#### IV. Cambio Euro Dollaro

Il tasso di cambio euro dollaro è di fondamentale importanza per il modello teorizzato in quanto la maggior parte delle materie prime combustibili sono quotate in dollari.

Il cambio, secondo la teoria del Purchasing Parity Power <sup>30</sup> esprime il potere di acquisto di una valuta nei confronti di un'altra, in questo caso dell'euro nei confronti del dollaro, e può influire notevolmente nella definizione dei coefficienti relativi ai vari regressori.

Riconducendoci ad un esempio teorico, riscontrando un apprezzamento dell'euro rispetto al dollaro, si potrebbero acquistare le materie prime ad un minor prezzo, il tutto ovviamente fino a che non vi sia un ritorno all'equilibrio dei mercati ovvero cresca il prezzo dei valori quotati in dollari.

Di seguito, il grafico relativo agli ultimi due anni di quotazioni:

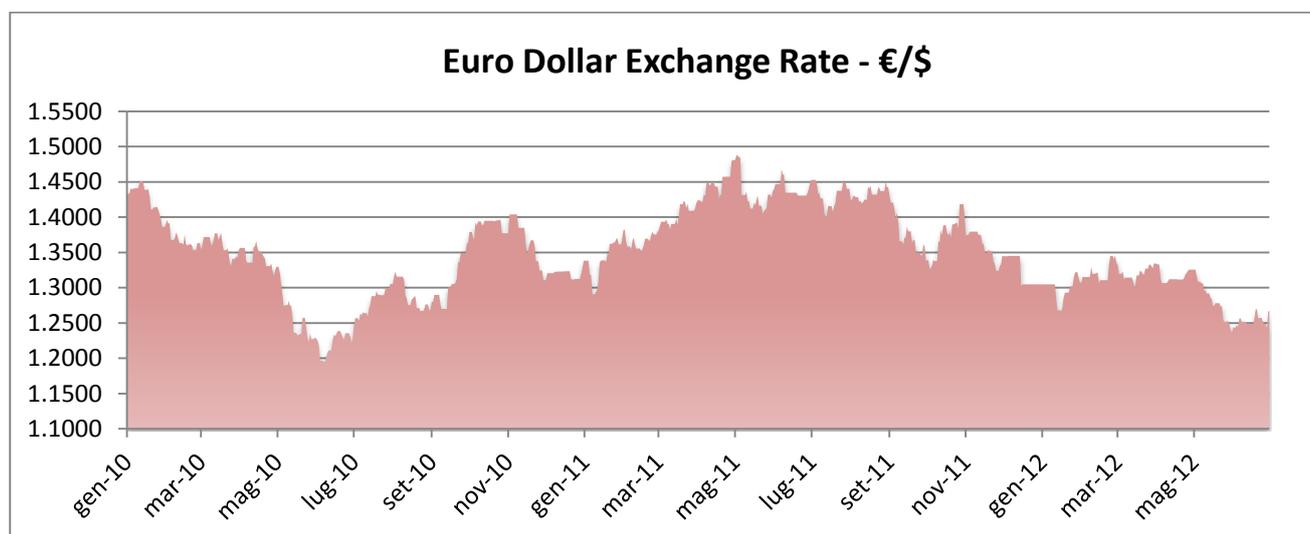


Figura 16. Rappresentazione grafica del tasso di cambio Euro Dollaro. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati in quantità di \$ per €

Anche in questo caso, è possibile notare una flessione, attorno al 10% negli ultimi mesi presi in esame. La relazione tra l'euribor e il tasso di cambio, sebbene il primo sia deciso a livello di Banca Centrale Europea, concerne tematiche di macroeconomia secondo le quali, una diminuzione del tasso di interesse della moneta in un dato stato, si ripercuote sul tasso di cambio tra la moneta locale e il resto delle valute. In questo caso abbiamo una svalutazione dell'euro dovuta in parte anche all'incremento di offerta di moneta, dovuto al decremento del tasso di interesse.

<sup>30</sup> Teoria formalizzata da Gustav Cassel nel 1918: assume che i prezzi vigenti in un determinato paese sono uguali a quelli in un'altro moltiplicato per il tasso di cambio qualora non vi siano costi di transazione ne barriere.

## V. Prezzo del petrolio

Il petrolio e i suoi derivati sono alla base dell'attività umana. La maggior parte delle attività economiche esistenti sul pianeta sono influenzate, direttamente o indirettamente, dal prezzo del petrolio. In aggiunta, la sua combustione, è uno dei maggiori elementi di inquinamento atmosferico ed è perciò un fattore fondamentale della teoria che si vuole verificare.

Tra i vari indici mondiali relativi al petrolio, si utilizzerà il Brent in quanto è il punto di riferimento per il mercato del petrolio europeo.

A livello di caratteristiche chimiche, il Brent, è un prodotto molto leggero (la sua densità è di 835 kg/m<sup>3</sup>) comparato con altre tipologie di greggio e, benché nel mondo esistano varie qualità di petrolio, a livello di scambi internazionali i più importanti sono essenzialmente due: il Brent e il Wti.

Sebbene la produzione sia molto limitata, il Brent è utilizzato come punto di riferimento, per identificare il prezzo del petrolio grezzo, a livello Europeo e mondiale. Il suo prezzo determina quello del 60% del petrolio estratto nel mondo.

Il potere calorifico è mediamente 5.81 MMBTU<sup>31</sup> per barile ( un barile corrisponde a circa 159 litri) e, per quanto riguarda le emissioni, si aggirano attorno a 20.17 kg di CO<sub>2</sub> per MMBTU. Per ottenere le emissioni esatte per barile di petrolio, è necessario moltiplicare il potere calorifico per il coefficiente di emissioni e il peso molecolare della anidride carbonica diviso quello del carbonio.<sup>32</sup>

Calcolandolo le emissioni per barile consumato, secondo quanto pubblicato nel report dell' EPA nel 2010 avremo:

$$5.81 \frac{mmbtu}{barile} * 20.17 \frac{Kgdi CO_2}{mmbtu} * \frac{44 g CO_2}{12 g C} = 430 \frac{kg CO_2}{barile} \sim 2.70 \frac{kg CO_2}{litro}$$

Il calcolo dell'inquinamento prodotto dal petrolio aiuta a comprenderne l'effettivo potere inquinante e ne permette una facile comparazione con gli altri combustibili.

Riguardo il prezzo per barile invece:

---

<sup>31</sup> Milioni di BTU. **British Thermal Unit**: è una unità di misura dell'energia e corrisponde a circa 1.055 kJoules. Per rendere l'idea è approssimativamente l'ammontare di energia necessaria per riscaldare 1 pound di acqua (ca. 0.454 kg) da 3.8°C a 4.4°C

<sup>32</sup> Fonte: EPA (2010). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008. Annex 2: Methodology for estimating CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. U.S.

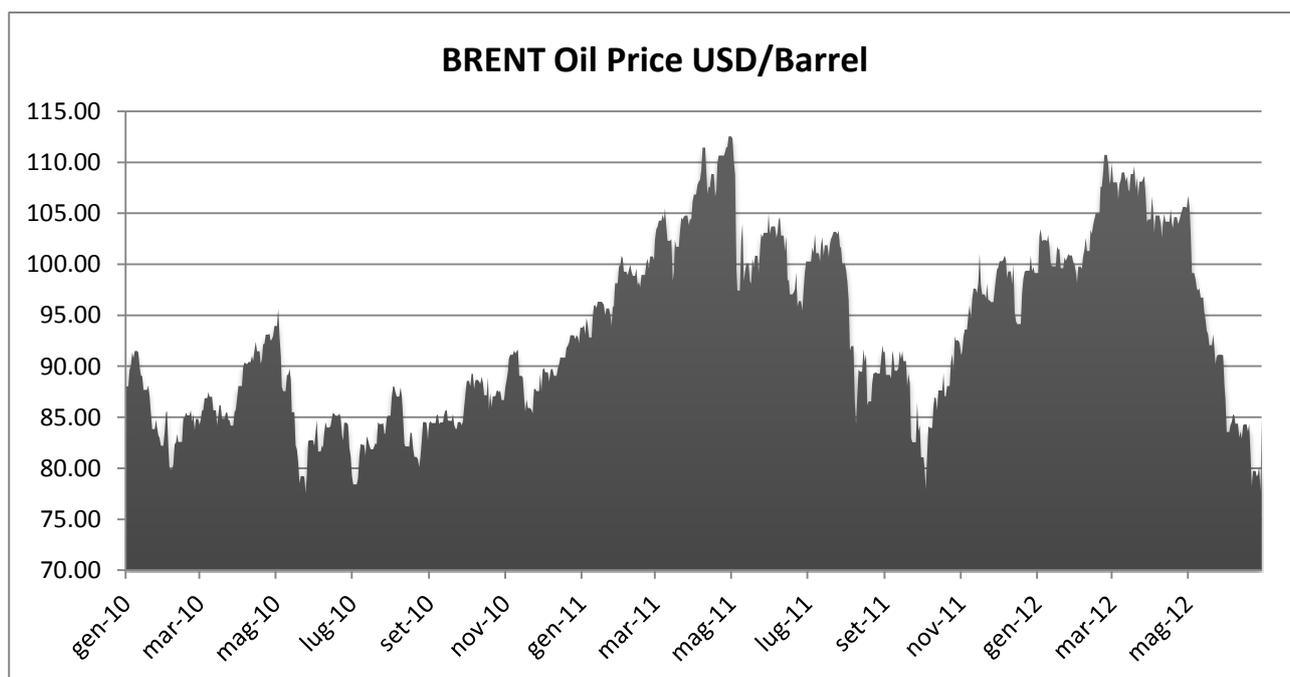


Figura 17. Rappresentazione grafica del prezzo del Brent. Periodo 01.2010 - 06.2012. Dati in \$ per barile.

È possibile notare come la quotazione del petrolio si aggiri attorno agli 80-95 \$ in periodi di incertezza economica e, per periodi ridotti in cui l'aspettativa economica sembrava migliorare (ovvero prima dell'ultimo periodo di peggioramento dei debiti sovrani) si attesti attorno ai 100-110 \$ per barile. Il petrolio è soggetto, oltre alle normali logiche di domanda-offerta, a forti speculazioni contribuendo a rendere difficile individuare quale dovrebbe essere il livello di prezzo in condizioni normali.

## VI. Prezzo del carbone

Il carbone, come il petrolio, è una delle principali fonti energetiche combustibili. Il principale mercato deriva dall'Australia dove risiedono i principali giacimenti mondiali di carbone.

Il potere calorifico del carbone è mediamente 21.92 MMBTU per metric ton <sup>33</sup> (1000 kg) e, per quanto riguarda le emissioni si aggirano attorno a 25.14 kg di CO<sub>2</sub> per MMBTU (EPA 2010). Per ottenere le emissioni esatte per metric ton, si utilizzerà la stessa formula utilizzata per il petrolio.

Per la quantità di carbone in oggetto, ai fini del calcolo della CO<sub>2</sub> emessa, nello studio della EIA si utilizza la "railcar" che corrisponde a 90.89 metric ton di carbone.

<sup>33</sup> Fonte: EIA 2010b. U.S. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2010

Calcolandolo le emissioni per railcar di carbone consumato (EPA 2010) avremo dunque:

$$21.92 \frac{\text{mmbtu}}{\text{metric ton carbone}} * 25.14 \frac{\text{Kgdi CO}_2}{\text{mmbtu}} * \frac{44 \text{ g CO}_2}{12 \text{ g C}} * 90.89 \frac{\text{metric ton carbone}}{\text{railcar}}$$

$$= 183.65 \frac{\text{metric ton CO}_2}{\text{railcar (90.89 metric ton)}} \sim 2.02 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg carbone}}$$

Ai fini del nostro studio si è preso in considerazione il prezzo per metric ton di carbone.

Di seguito, una rappresentazione grafica degli ultimi due anni.

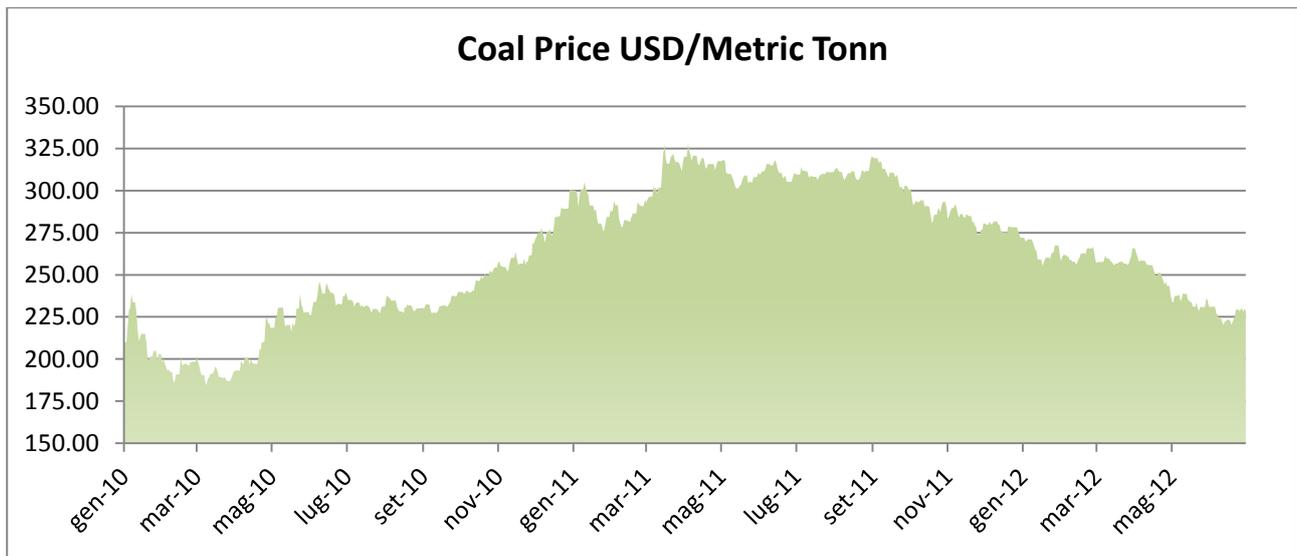


Figura 18. Rappresentazione grafica del prezzo del carbone. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati in \$ per tonnellata di carbone.

Comparandolo con il prezzo del petrolio, è possibile osservare una minore variazione del prezzo relativamente agli ultimi due anni. Sembra che durante il periodo di incremento della crisi, il prezzo non abbia subito grandi mutazioni. Probabilmente è dovuto al fatto che, a differenza del petrolio, il carbone è meno soggetto a speculazioni borsistiche in quanto il suo utilizzo è principalmente quello di produzione energetica. Il petrolio invece, si utilizza in quantità elevate anche come carburante per auto e produzione di prodotti plastici, i quali sono molto più sensibili ai periodi di crisi economica.

## VII. Prezzo del gas naturale

Il gas naturale, come il petrolio e il carbone, è un'altra delle principali fonti energetiche. Il suo utilizzo varia dal riscaldamento domestico alle grandi centrali per la produzione di energia elettrica.

Il potere calorifico del gas naturale è mediamente 0.1 MMBTU per Therm<sup>34</sup> e, per quanto riguarda le emissioni si aggirano attorno a 14.47 kg di CO<sub>2</sub> per MMBTU (EPA 2010). Per ottenere le emissioni per Therm, si seguirà la stessa logica utilizzata per gli altri combustibili fossili.

Calcolandolo le emissioni per railcar di carbone consumato (EPA 2010) avremo dunque:

$$0.1 \frac{mmbtu}{Therm} * 14.47 \frac{Kg CO_2}{mmbtu} * \frac{44 g CO_2}{12 g C} = 0.005 \frac{metric ton CO_2}{Therm} \sim 0.001766 \frac{kg CO_2}{litro}$$

Confrontando il potere inquinante del gas con gli altri combustibili, sembra essere notevolmente inferiore. C'è da considerare comunque che anche il potere calorico del gas è di gran lunga minore e di conseguenza, a parità di calore necessario, se ne consumerà molto di più.

Se invece si considera il potere inquinante di una molecola di gas naturale (per esempio il metano: GWP = 21) rilasciata nell'atmosfera, si può notare come sia molto più pericoloso libero nell'ambiente che non una volta bruciato e convertito in parte in CO<sub>2</sub>.

Ovviamente nel caso non vi fossero fonti energetiche alternative. Di seguito, il grafico relativo al prezzo del gas naturale in \$ per 1000 BTU.

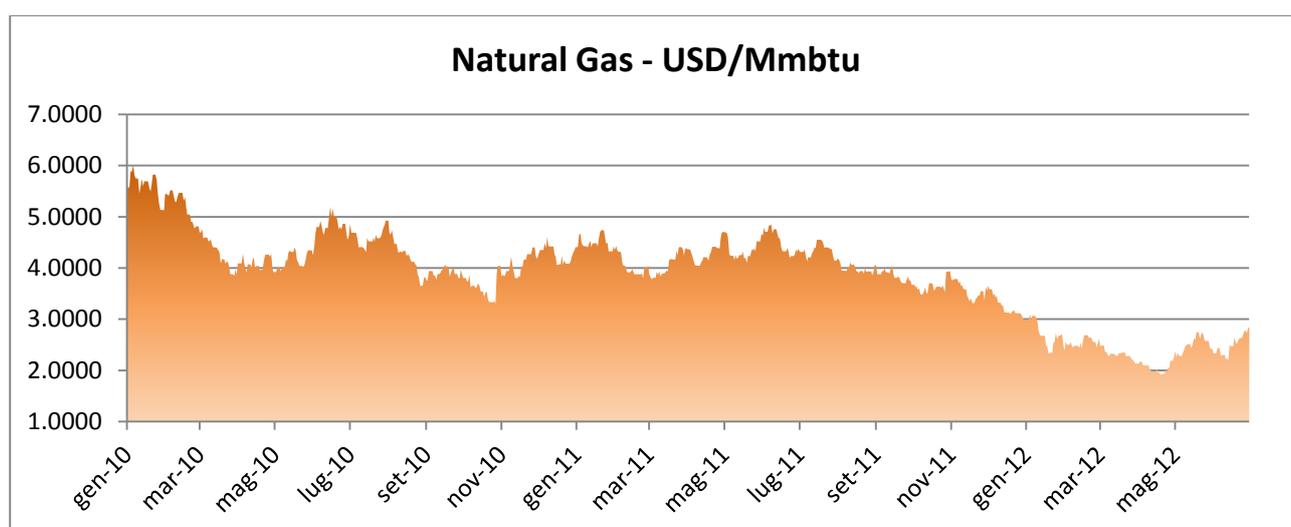


Figura 19. Rappresentazione grafica del prezzo del gas naturale. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati in \$ per Mmbtu.

<sup>34</sup> 1 Therm equivale a 100,000 British thermal units (BTU). Corrisponde alla combustione di 100 cubic feet di gas ovvero di 2831.68 litri.

Come per il carbone, il prezzo del gas naturale non varia così repentinamente come osservato invece per il petrolio. Si può notare invece come il prezzo segua un trend decrescente che è cominciato all'inizio del periodo ed ha condotto il prezzo del gas ad essere quasi la metà di due anni prima. Il gas è utilizzato prettamente per la produzione di energia, nei processi produttivi che comprendono la fusione di materiali (come ad esempio il vetro) e per il riscaldamento domestico.

### VIII. Temperatura media Nord Europa

Con la media delle temperature di tre città del nord Europa (Parigi, Amsterdam e Londra, selezionate per le loro caratteristiche climatiche tipiche dell'area nord-europea) si è voluto includere nella specificazione del modello anche una variabile non economica ma che, nel limite del ragionevole, potrebbe influenzare il comportamento delle persone residenti in quelle zone e quindi dei loro consumi e investimenti. Basti pensare all'incremento dell'utilizzo di combustibili nel periodo invernale o, nella situazione opposta, alla diminuzione durante l'estate. I dati, in principio in gradi centigradi, sono stati trasformati in gradi Kelvin aggiungendo la quantità costante di +237.15 di modo che fosse possibile trasformare la serie in scala logaritmica non essendoci valori negativi.

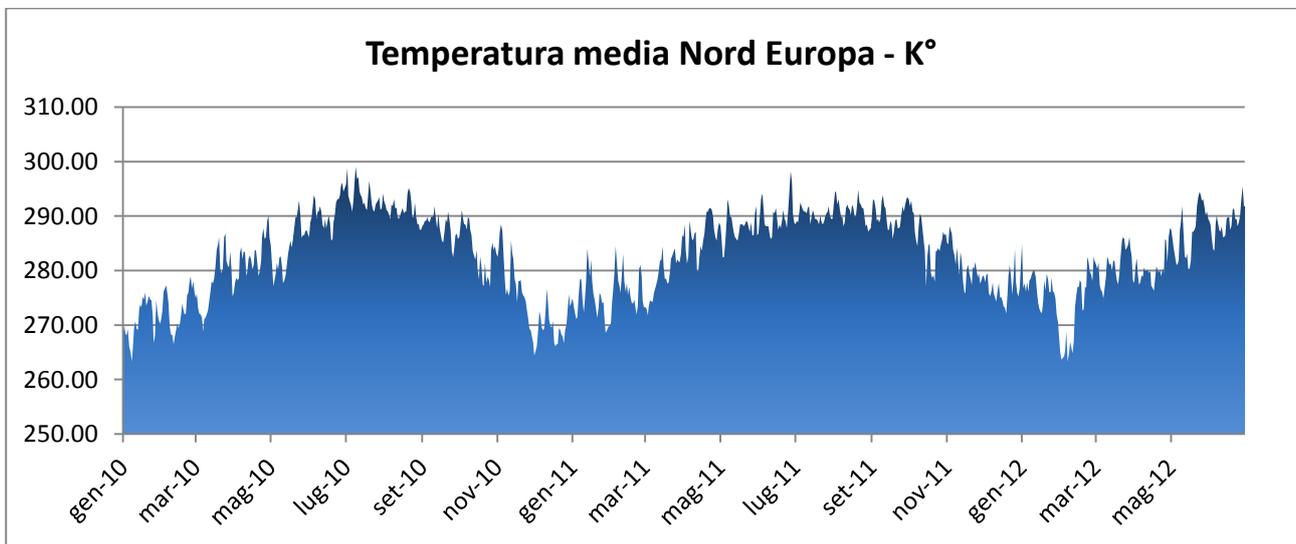


Figura 20. Rappresentazione grafica della media delle temperature del nord Europa. Periodo 01.2010 - 06.2012, dati in °K

## IX. Temperatura media Centro-Sud Europa

Con la media delle temperature di quattro città del sud-centro Europa si vuole ricercare, come per le temperature del nord Europa, un connessione con le variabili economiche prese in considerazione. Sono state scelte come città Palermo, Roma, Milano e Madrid in quanto, per le loro caratteristiche climatiche e geografiche, si crede possano rappresentare un buon campione per una rappresentazione veritiera del clima che è possibile riscontrare nel centro-sud Europa.

Dal grafico, è possibile notare l'elevata stagionalità della serie e la pressoché costanza nei valori stagionali anno dopo anno dovuti al normale susseguirsi delle stagioni. I dati, come per la serie precedente, sono stati trasformati in gradi Kelvin.

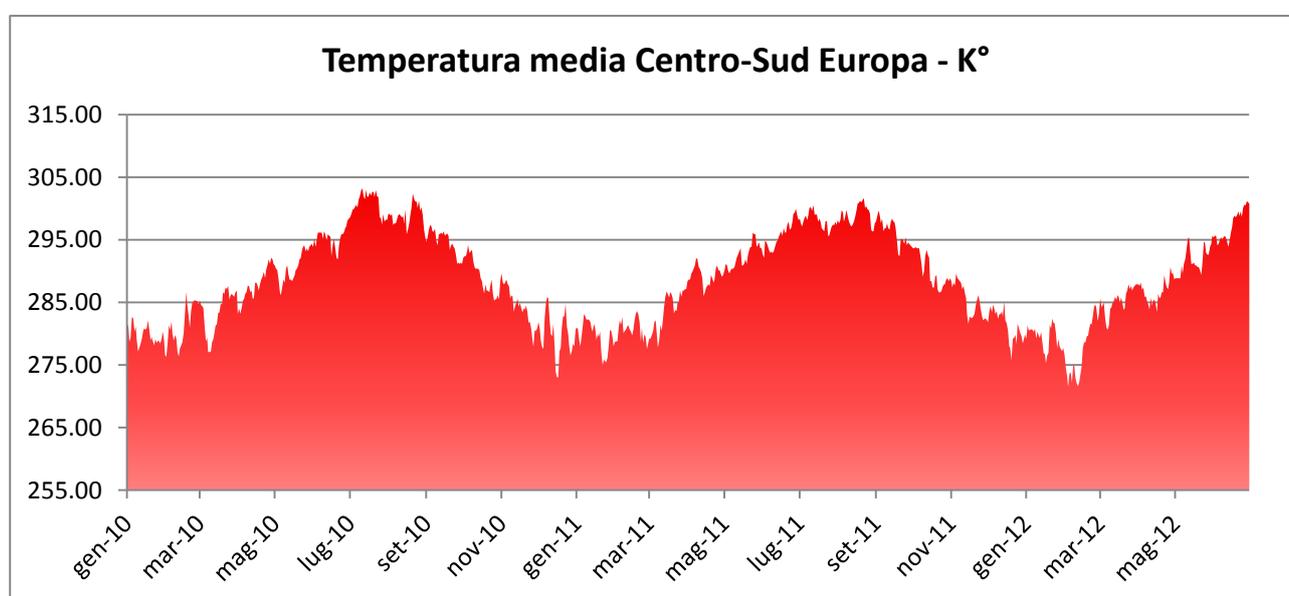


Figura 21. Rappresentazione grafica della media delle temperature del centro-sud Europa.  
Periodo 01.2010 - 06.2012, dati in °K

## 7. I modelli teorici e studi precedenti

Ai fini di fornire un termine di paragone, si vuole citare uno studio recente in cui viene svolta una analisi simile a quella proposta. Una delle differenze tra i due approcci sebbene utilizzi un metodo di stima che esula dall'approccio tradizionale ed includa altre variabili in aggiunta a quelle trattate nell'elaborato.

Lo studio in questione è intitolato: *Forecasting The European Carbon Market* ed è stato redatto da Gary Koop and Lise Tole (2011). I due autori hanno una lunga storia di pubblicazioni e sono i titolari di diversi studi riguardanti l'economia dell'ambiente e l'econometria.

Con riguardo alle ipotesi proposte in questa sede, l'elaborato dei due docenti inglesi utilizza un set di dati comune a quanto proposto sebbene differiscano alcune tipologie. Ad esempio includono il prezzo dell'elettricità, la disponibilità di energia idroelettrica e alcuni indici azionari (Commodities, Risk premium) in rappresentanza dell'influenza economica.

Le temperature medie, il prezzo del petrolio, del carbone e del gas naturale sono invece trattate come fondamentali, in entrambi i lavori, per riuscire ad elaborare un modello affidabile.

Diversamente, in aggiunta nel modello presente elaborato, si considereranno tra le variabili significative anche la produzione industriale relativa al settore del vetro (O-I glass packaging), il tasso di finanziamento medio di grandi imprese a livello europeo e il tasso di cambio euro dollaro.

Confrontando il metodo di stima, nel working paper proposto si utilizza una metodologia chiamata DMA (Dynamic Model Averaging) la quale ha tre vantaggi principali rispetto all'approccio convenzionale (come potrebbe essere il OLS):

1. Considera l'ipotesi che i coefficienti stimati possano variare con il tempo.
2. Non preclude l'ipotesi che anche l'intero modello possa variare con il tempo.
3. Permette di superare problemi statistici dovuti ad un elevato numero di potenziali regressori che potrebbero spiegare il mercato della CO<sub>2</sub>.

Tenendo in considerazione le differenze sin qui enunciate tra i due approcci, si proseguirà con l'enunciazione del modello teorizzato e la successiva implementazione.

## I. Modello teorico

Lo scopo del presente elaborato, riprendendo quanto già enunciato nell'introduzione, consiste nel comprendere con che modalità e in che misura il valore delle quote di CO<sub>2</sub>, presente nel mercato ETS, se e come sia influenzato dalle principali variabili macroeconomiche e dalla produzione a livello europeo della multinazionale O-I;

E' possibile sintetizzare la relazione che lega le varie variabili, che si verificherà in seguito, come:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{3i} + \beta_5 X_{3i} + \beta_6 X_{3i} + \beta_7 X_{3i} + \beta_8 X_{3i} + u_i$$

dove:

(tra parentesi il nome utilizzato nella regressione in riferimento a tale variabile)

- $Y_i$  : prezzo in € per tonnellata di CO<sub>2</sub> emessa (**ETS**)
- $X_{1i}$ : quantità di glass packaging prodotto, in tonnellate (**TOT**)
- $X_{2i}$ : prezzo del carbone in \$ per 1 MetricTon (**COAL**)
- $X_{3i}$ : prezzo del petrolio in \$ per barile (**OIL**)
- $X_{4i}$ : prezzo del gas naturale in \$ per 1 Mmbtu (**NGAS**)
- $X_{5i}$ : tasso di cambio €/€ (\$ (**EUR\_USD**))
- $X_{6i}$ : tasso di interesse Euribor a 3 mesi (**EUR\_3M**)
- $X_{7i}$ : temperatura media percepita di tre città del nord Europa (**AVG\_NORTH**)
- $X_{8i}$ : temperatura media percepita di quattro città del centro-sud Europa (**AVG\_SOUTH**)

## **II. Aspettative di relazioni.**

In relazione al nostro modello teorizzato, dovremmo essere in grado di riscontrare una relazione del tipo direttamente proporzionale per quanto riguarda le seguenti variabili:

### **Cambio Euro-Dollaro.**

Tutte le principali materie prime combustibili sono quotate in dollari. Un apprezzamento dell'euro, fino a che non si apprezzino di conseguenza anche le materie prime per l'ipotesi di equilibrio dei mercati, consentirebbe di acquistare ad un prezzo minore il combustibile e di conseguenza produrre più CO<sub>2</sub> e da qui la necessità di approvvigionarsi di quote di emissioni.

### **Euribor 3 mesi.**

Essendo il tasso di indebitamento di riferimento per le grandi imprese industriali e una delle basi per calcolare il costo del debito per tutto il mondo economico europeo, ci si attende che, ad un suo incremento, anche le quotazioni delle emissioni dovrebbero subire un aumento di prezzo.

### **Prezzo del petrolio, del gas naturale e del carbone.**

Teoricamente se vi fosse un incremento del prezzo del carbone o di un'altra materia prima fossile sarebbe probabilmente dovuto all'incremento della domanda. Se vi è un aumento della necessità di combustibile vi sarà di conseguenza un bisogno di copertura per le emissioni addizionali, da cui un aumento della domanda di quote di CO<sub>2</sub>, dunque un aumento di prezzo. Si potrebbe obiettare che, essendo a livello teorico beni succedanei tra di loro, un incremento del prezzo di una tipologia di combustibile farebbe propendere per un altro meno costoso. Nella pratica però non è semplice né immediato e soprattutto non a costo zero. Per cambiare la tipologia di combustibile in un processo produttivo è necessario molto tempo ed ingenti investimenti.

### **Quantità di vetro prodotto.**

Necessitando di molta energia termica per raggiungere il punto di fusione dei minerali che compongono il vetro, ed essendo tale energia proveniente in gran parte da combustibili fossili dunque inquinanti, sarebbe del tutto normale riscontrare una correlazione positiva tra il prezzo delle quote di CO<sub>2</sub> e la quantità di vetro prodotto.

La relazione che li lega, a livello teorico, è: aumento della produzione, aumento consumo di combustibili, incremento delle emissioni e dunque necessità di acquistarne e incremento del prezzo dovuto alla maggiore domanda.

## **Temperature Nord e del Centro-Sud Europa**

Per quanto concerne le rimanenti due variabili relative alle temperature del Nord e del Centro-Sud Europa, vi potrebbero essere effetti differenti a seconda del livello estremo della temperatura. Ad esempio, se vi fosse una stagione particolarmente fredda vi potrebbe essere un incremento della domanda di combustibili ed un aumento dei prezzi. In condizioni climatiche nella norma, eventuali fluttuazioni dei prezzi dovrebbero essere determinate da altri fattori.

Nel caso specifico relativo alla azienda O-I si è potuto notare come, nel passato durante annate di bel tempo, vi sia stato un incremento delle vendite relative a contenitori per cibo e bottiglie di vino. Un incremento delle vendite comporta un aumento della produzione e dell'inquinamento di conseguenza.

### **III. Analisi di Integrazione**

Prima di procedere con l'introduzione dei modelli di regressione, è opportuno effettuare dei test di integrazione, al fine di verificare se le variabili che si utilizzeranno possiedono un trend stocastico, ovvero sono caratterizzate dalla presenza di radici unitarie, oppure sono evolutive in quanto presentano un trend deterministico. La distinzione è importante in quanto la presenza di radici unitarie comporta il pericolo di infrontarsi a delle regressioni spurie.

Per verificare la presenza di radici unitarie si può utilizzare il test Augmented Dickey–Fuller<sup>35</sup>

Le serie saranno trasformate in scala logaritmica ai fini di linearizzare il loro andamento e renderle più facilmente comparabili.

Con riferimento alle tabelle risultanti dai test ADF<sup>36</sup>, è possibile osservare una mancanza di stazionarietà per tutte le serie storiche osservate. Questo potrebbe essere dovuto alla forte autocorrelazione tra i dati e/o alla presenza di trend temporali. Si riterrà quindi opportuno procedere alla differenziazione delle serie storiche.<sup>37</sup>

Come conseguenza dei Test ADF sui Dlog<sup>38</sup>, è stato possibile appurare che, per tutte le variabili prese in esame, si riscontra una stazionarietà nelle differenze prime. A seguito di ciò possiamo sostenere l'ipotesi che, ai livelli, siano tutti processi integrati di primo ordine e quindi procedere con l'implementazione del modello statico.

---

<sup>35</sup> Vedesi riferimento teorico riportato in Appendice B

<sup>36</sup> Vedesi Appendice D: test ADF sui livelli

<sup>37</sup> Vedesi procedimento teorico in Appendice C: Test ADF sulle differenze prime.

<sup>38</sup> Risultati dei test in Appendice E (test ADF sui Dlog).

## 8. Il modello statico

Per quanto siano stati usati metodi più elaborati per lo studio dei valori quotati in borsa capaci di superare modelli più semplici in caso di break strutturali (intesi come punti di cambiamento di struttura, in cui varia la pendenza della retta di regressione dovuti a shock come guerre, catastrofi, ecc..) la minimizzazione dei quadrati dei residui è ritenuto un buon metodo di approssimazione.

Il metodo dei minimi quadrati (in inglese OLS: Ordinary Least Squares) è una tecnica di ottimizzazione che permette di trovare una funzione che si avvicini il più possibile ad una interpolazione di un insieme di dati. In particolare la funzione trovata deve essere quella che minimizza la somma dei quadrati delle distanze dai punti dati. Questo metodo va distinto da quelli per l'interpolazione dove si richiede che la funzione calcolata passi esattamente per i punti dati.

Di seguito sarà proposta una prima funzione di regressione statica, calcolata su un periodo ridotto, ovvero dal 1.01.2010 al 31.12.2011, rispetto all'intero campione.

Il restante lasso temporale sarà stimato tramite la regressione calcolata sul periodo precedente e confrontata con i dati reali ai fini di confrontare il risultato con i valori reali.

### Modello statico saturo:

Dependent Variable: LOG(ETS)

Method: Least Squares

Date: 09/19/12 Time: 21:41

Sample: 1/01/2010 31/12/2011

Included observations: 730

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-26.08666	1.201713	-21.70789	0.0000
LOG(TOT)	0.877739	0.067264	13.04924	0.0000
LOG(OIL)	0.009141	0.081199	0.112579	0.9104
LOG(NGAS)	0.078074	0.044718	1.745912	0.0813
LOG(EUR_USD)	1.748141	0.132332	13.21030	0.0000
LOG(COAL)	1.660741	0.077306	21.48272	0.0000
LOG(AVG_SOUTH)	2.171957	0.382112	5.684079	0.0000
LOG(AVG_NORTH)	-0.336992	0.351445	-0.958874	0.3379
LOG(EUR_3M)	-1.206363	0.042242	-28.55816	0.0000
R-squared	0.737035	Mean dependent var	2.590439	

Adjusted R-squared	0.734117	S.D. dependent var	0.204567
S.E. of regression	0.105483	Akaike info criterion	-1.648286
Sum squared resid	8.022293	Schwarz criterion	-1.591659
Log likelihood	610.6243	F-statistic	252.6011
Durbin-Watson stat	0.113332	Prob(F-statistic)	0.000000

A seguito di questa prima regressione, si può constatare in primo luogo la presenza di un  $R^2$  elevato (indice di bontà della regressione) e di molte variabili significative tra quelle prese in esame. Prima di procedere ad una analisi più approfondita è necessario epurare la regressione degli elementi non significativi attraverso una procedura denominata “dal generale al particolare”. Tale metodo consiste nel selezionare le variabili non significative con un particolare livello di significatività, ad es. del 5%, e nel ripetere la regressione eliminandone una alla volta di modo che, al termine della procedura, rimangano solo variabili significative.

### Modello statico ridotto:

Dependent Variable: LOG(ETS)

Method: Least Squares

Date: 09/25/12 Time: 22:06

Sample: 1/01/2010 31/12/2011

Included observations: 730

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-26.89942	1.065464	-25.24667	0.0000
LOG(TOT)	0.834194	0.062932	13.25543	0.0000
LOG(EUR_USD)	1.861976	0.100977	18.43964	0.0000
LOG(COAL)	1.714576	0.059552	28.79135	0.0000
LOG(AVG_SOUTH)	2.021525	0.210130	9.620377	0.0000
LOG(EUR_3M)	-1.254946	0.031732	-39.54837	0.0000

R-squared	0.735471	Mean dependent var	2.590439
Adjusted R-squared	0.733644	S.D. dependent var	0.204567
S.E. of regression	0.105577	Akaike info criterion	-1.650574
Sum squared resid	8.070017	Schwarz criterion	-1.612823
Log likelihood	608.4594	F-statistic	402.5871
Durbin-Watson stat	0.108795	Prob(F-statistic)	0.000000

Osservando questi risultati si potrebbe pensare ad un buon punto di partenza data la bassa probabilità di accettare la nullità dei coefficienti (Prob tutte tendenti a 0 e  $R^2$  elevato).

I risultati però, potrebbero essere derivanti da un comune trend dovuto alla presenza di radici unitarie che può portare ad una regressione spuria. La presenza di un trend comune nelle serie comporterebbe una difficile interpretazione in quanto le variabili tenderebbero ad aumentare o diminuire nel tempo senza una relazione effettiva tra di loro, rendendo sostanzialmente inutile il tentativo di trovare una “legge comune”.

Ad ogni modo, se considerassimo il modello come valido sarebbe possibile riscontrare una relazione elevata tra la serie ETS e la maggior parte delle variabili considerate, eccetto per OIL e AVG NORTH. Con le rimanenti variabili vi è un rapporto direttamente proporzionale ad eccezione dell’Euribor a 3 mesi. Tali ipotesi saranno confutate durante l’implementazione del modello dinamico.

Di seguito si propone il grafico della curva di regressione, calcolata sul periodo 01.01.2012-30.06.2012, derivata dal modello statico sopra citato.

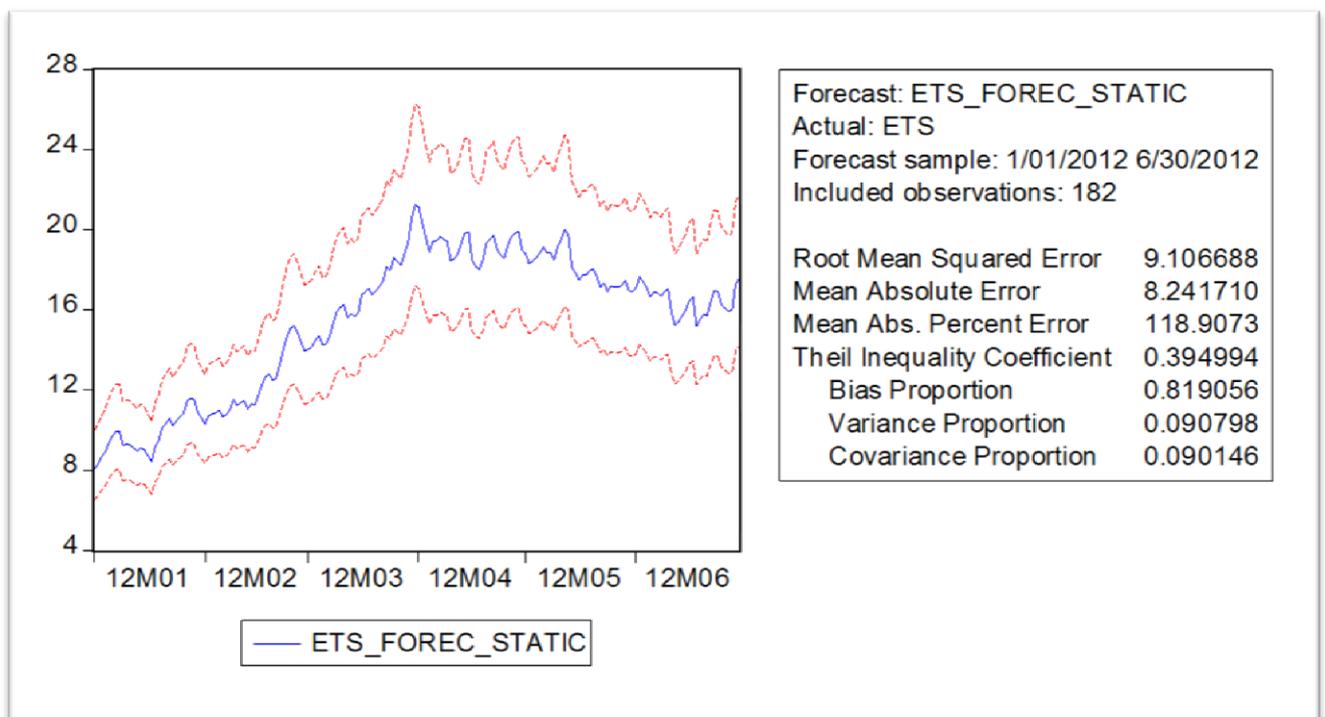


Figura 22. Previsione statica serie ETS 01.2012 - 06.2012.

La bias proportion misura la distorsione della stima rispetto alla realtà, la variance proportion rappresenta la differenza tra le varianze della serie reale e di quella stimata. La covariance proportion è infine una misura degli errori non sistematici, quindi non prevedibili o eliminabili. La

somma di queste tre variabili è uno, e tutte e tre sono comprese tra zero e uno. Una buona previsione dovrebbe essere caratterizzata da valori prossimi allo zero per i primi due indici e valori il più possibile vicini all'uno per la covarianza proportion. I risultati ottenuti possono quindi essere considerati non molto buoni, la Covariance a 0.09, Bias a 0.81 e Variance a 0.09.

La scarsa capacità di previsione del modello statico è confermata dal confronto grafico tra la serie reale, per il periodo 01.2012-06.2012, e la curva interpolata utilizzando la regressione stimata.

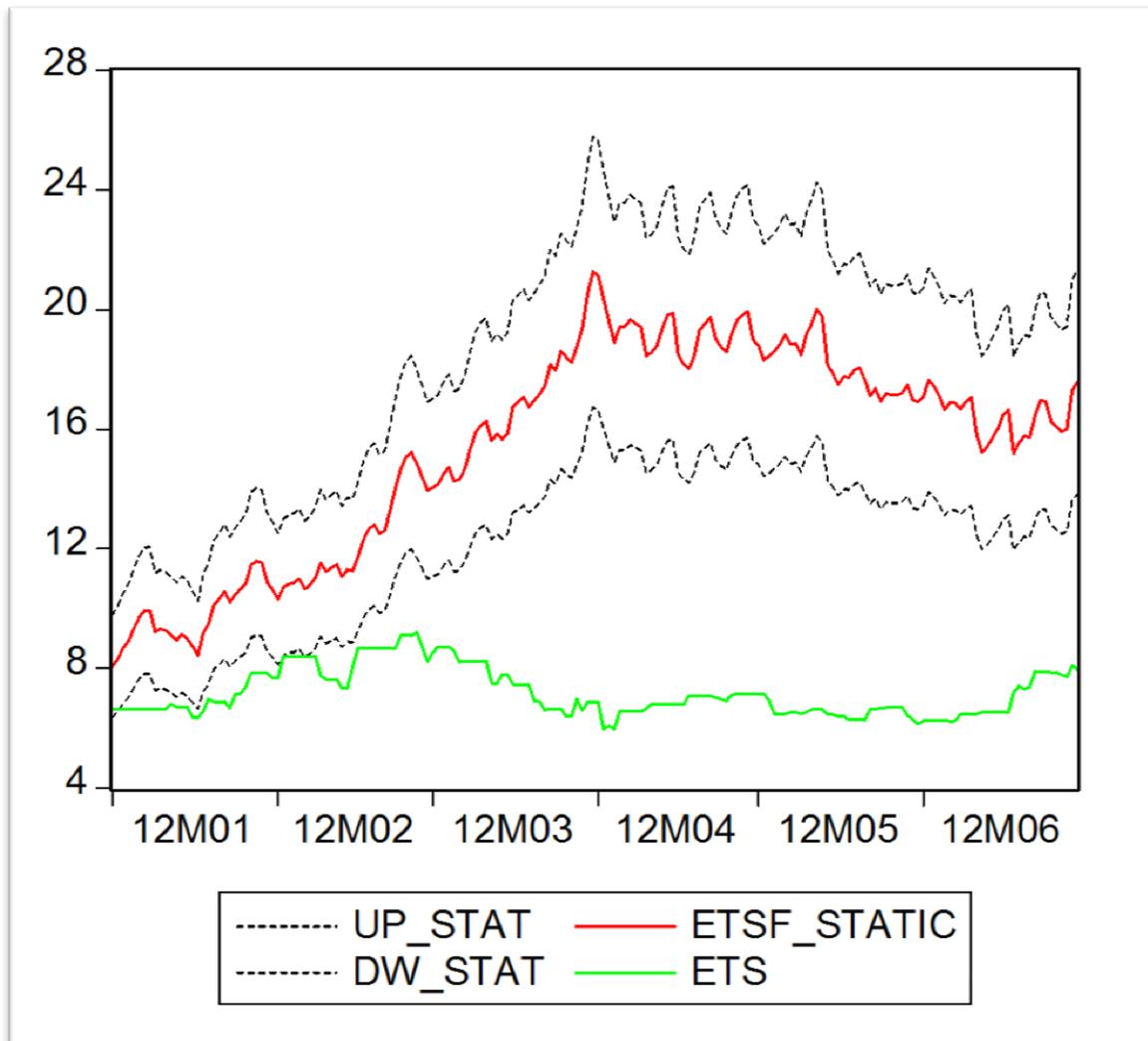


Figura 23. Confronto tra la serie ETS reale (ETS) e il forecast (ETSF\_static) $\pm 2\sigma$ . Dati in €/tonn CO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda la serie calcolata come differenza tra il forecast e la serie reale avremo:

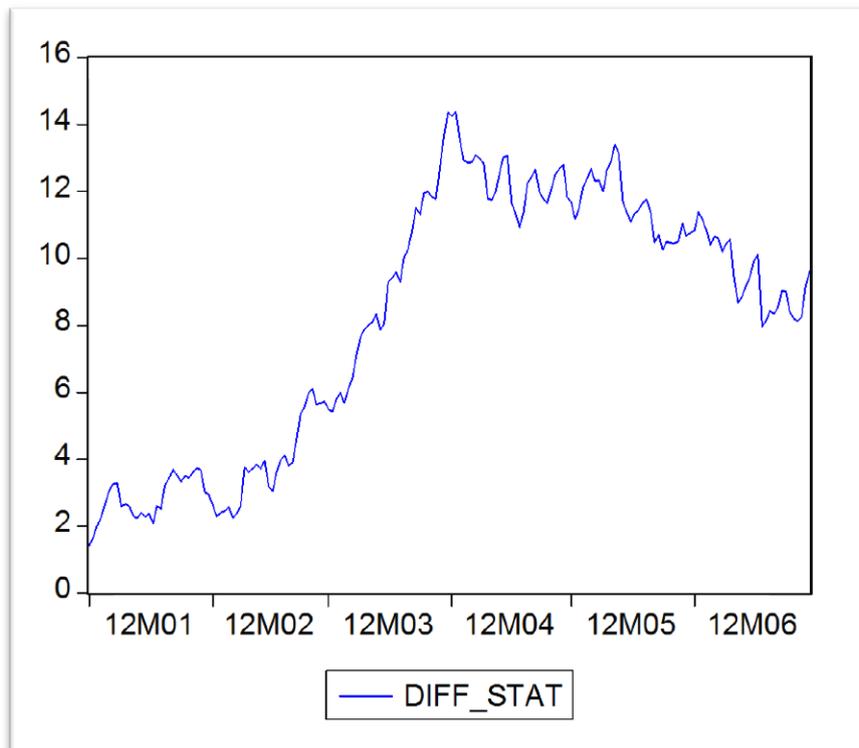


Figura 24. Differenza tra il Forecast e la serie ETS reale. Dati in € per tonn CO<sub>2</sub>

Dalla differenza tra il forecast e la serie reale si può osservare come il modello stimi un trend crescente per il mercato delle quote di emissioni mentre nella realtà si è assistito ad una notevole riduzione.

Data quindi la “complessità” della variabile presa in esame, non è possibile trarre conclusioni senza aver prima condotto altri test. Difatti, l’analisi di un valore scambiato in un libero mercato, quasi come se fosse una azione, già di per sé comporta delle notevoli complicazioni alla sua trattazione in quanto tendenzialmente si configura come un random walk se non come un modello più complesso.

Inoltre, come si è detto, per evitare il pericolo di regressione spuria è necessario introdurre un altro tipo di verifica: se le variabili oggetto di studio sono cointegrate.

## Analisi di cointegrazione

Seguendo i suggerimenti degli autori Engle e Granger (1987), si può condurre l'analisi di cointegrazione delle serie studiate verificando l'assenza di radice unitaria nella serie dei residui (ECM) derivati dal modello statico. Sempre tramite il test ADF, si verificherà se tale serie è di tipo I(0) o I(1) e, successivamente, si deciderà se includere o meno i residui nel modello dinamico.

Se ne risulterà un I(0) potremmo dire che vi è cointegrazione e includeremo, oltre alle variabili presenti nel modello statico, le variabili ritardate (modello alle differenze) e la serie ECM ritardandola di un periodo. In caso contrario, ossia se il test ADF sui residui sarà a favore dell'ipotesi di presenza di radice unitaria, si includeranno solamente le variabili del modello alle differenze, senza considerare la serie dei residui. Inoltre, in questo secondo caso non avrà più senso far riferimento ad un possibile collegamento tra la regressione statica e quella dinamica sebbene si potrà pur sempre interpretare i suoi coefficienti di regressione come coefficienti di lungo periodo.

### ADF sulla serie ECM

Null Hypothesis: ECM has a unit root

Exogenous: None

Lag Length: 7 (Automatic based on SIC, MAXLAG=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.596523	0.0003
Test critical values: 1% level	-2.568169	
5% level	-1.941262	
10% level	-1.616404	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(ECM)

Method: Least Squares

Date: 11/13/12 Time: 22:35

Sample (adjusted): 1/09/2010 12/31/2011

Included observations: 722 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

ECM(-1)	-0.043212	0.012015	-3.596523	0.0003
D(ECM(-1))	0.078071	0.037087	2.105063	0.0356
D(ECM(-2))	-0.064504	0.036838	-1.751051	0.0804
D(ECM(-3))	-0.021918	0.036274	-0.604231	0.5459
D(ECM(-4))	-0.133739	0.034834	-3.839341	0.0001
D(ECM(-5))	-0.124211	0.035103	-3.538486	0.0004
D(ECM(-6))	-0.024874	0.035247	-0.705703	0.4806
D(ECM(-7))	0.229650	0.035119	6.539122	0.0000
<hr/>				
R-squared	0.157178	Mean dependent var	6.43E-05	
Adjusted R-squared	0.148915	S.D. dependent var	0.033637	
S.E. of regression	0.031031	Akaike info criterion	-4.096630	
Sum squared resid	0.687535	Schwarz criterion	-4.045860	
Log likelihood	1486.884	Durbin-Watson stat	1.981379	
<hr/>				

Data la poca evidenza del risultato in quanto il valore della statistica (-3.596523) si discosta molto poco dal valore critico del 1% (-2.568169), non si può accettare né rifiutare inequivocabilmente l'ipotesi di stazionarietà.

Ad ogni modo, si procederà con la trattazione del modello dinamico includendo la variabile ECM ritardata di un periodo considerandola un processo  $I(0)$  e quindi stazionaria, nonostante il risultato dubbio del test.

Successivamente, osservando gli esiti del modello dinamico, sarà possibile comprovare se, nel caso in cui risulti significativa, la variabile ECM sarà stata utile o meno ai fini della riduzione dell'errore nella stima.

## 9. Il modello dinamico

La complessità di un sistema economico e la natura particolare dell'attività economica sono tali da far ritenere che il processo che genera le osservazioni sulle serie temporali economiche sia un processo stocastico multidimensionale e dinamico, cioè un processo in cui il presente è influenzato, almeno in parte, dal passato.

La regressione dinamica è un modello di regressione che include i valori ritardati delle variabili esplicative o delle variabili dipendenti o di entrambe. Il modello che ne deriva è simile a quello statico ma si crede che produca risultati più realistici, in quanto dà risalto agli effetti di breve periodo che le variabili usate come regressori possono avere sulla variabile dipendente. Per esempio, un cambiamento del prezzo del petrolio oggi può influenzare il prezzo delle quote di emissioni con un certo ritardo.

La regressione dinamica, a differenza del modello statico, tende a fornire una possibile previsione di breve periodo (nel nostro caso di brevissimo utilizzando serie giornaliere) considerando le relazioni intercorrenti in un intervallo di tempo ristretto.

Prima di procedere con il modello dinamico vero e proprio, si effettueranno i cross correlogrammi tra i regressori e la serie ETS con lo scopo di evidenziare eventuali correlazioni tra le serie differenziate (quindi stazionarie e senza trend) in un periodo composto da 10 ritardi.<sup>39</sup>

Da quanto osservato nei test, per tutte le variabili analizzate non si evidenziano correlazioni con la serie ETS, se non per alcune di esse a livello contemporaneo. Non vi è dunque presenza di relazioni che possano comportare l'assunzione di stagionalità tra le variabili. Questo aspetto è da tenere in considerazione una volta che si esaminerà il modello dinamico qualora si riscontrasse la presenza di relazioni stagionali o ritardate.

---

<sup>39</sup> Le tabelle risultanti dai test sono riportate in Appendice G: Cross correlogrammi.

## Regressione dinamica con metodo GARCH(1,1)

Arrivando dunque al modello dinamico vero e proprio, si presenterà il primo output derivante dalla inclusione delle variabili ritardate di 7 periodi. Si è scelto di utilizzare 7 ritardi ai fini di verificare eventuali stagionalità settimanali che potrebbero essere significative nel modello, sebbene non compaiano nei cross correlogrammi.

A seguito di vari test effettuati su modelli creati utilizzando, come per il modello statico, il metodo di stima OLS, si è riscontrata una eteroschedasticità persistente nel modello non eliminabile in alcun modo.<sup>40</sup>

Di conseguenza, siccome la stima OLS non risulta essere la più attendibile in presenza di eteroschedasticità, si è dovuto, ai fini di considerare la varianza non costante nel tempo, optare per l'implementazione di un metodo differente.

Uno dei più idonei allo scopo è il GARCH ( $p,q$ )<sup>41</sup> (dove  $p$  è l'ordine dei termini GARCH:  $\sigma^2$  e  $q$  è quello dei termini ARCH:  $\epsilon^2$ ), il quale assume che la  $\sigma^2$  dei residui del modello segua un processo ARMA( $p,q$ )<sup>42</sup>.

La decisione di utilizzare il modello GARCH, come si dimostrerà in seguito, è stata fondamentale ai fini del miglioramento dell'affidabilità della regressione.

Partendo dal modello dinamico saturo<sup>43</sup> e procedendo con l'eliminazione dei regressori non significativi, si otterrà il seguente modello ristretto.

---

<sup>40</sup> Vedesi il Test di eteroschedasticità di White in Appendice H

<sup>41</sup> Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, Bollerslev (1986)

<sup>42</sup> Autoregressive Moving Average Model, Peter Whittle (1951). Vedesi procedimento teorico in Appendice I.

<sup>43</sup> Vedesi il Modello Dinamico Saturo in Appendice F.

## Modello Dinamico Ristretto

Dependent Variable: DLOG(ETS)

Method: ML - ARCH

Date: 10/10/12 Time: 23:25

Sample (adjusted): 9/01/2010 31/12/2011

Included observations: 722 after adjustments

Convergence achieved after 93 iterations

Bollerslev-Wooldrige robust standard errors & covariance

Variance backcast: ON

GARCH = C(12) + C(13)\*RESID(-1)^2 + C(14)\*GARCH(-1)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000484	0.000638	0.758386	0.4482
DLOG(COAL)	0.460893	0.087621	5.260078	0.0000
DLOG(EUR_USD)	0.396772	0.126282	3.141966	0.0017
DLOG(COAL(-1))	-0.147211	0.064057	-2.298149	0.0216
DLOG(OIL(-1))	-0.166306	0.053880	-3.086585	0.0020
DLOG(OIL(-2))	0.072198	0.046585	1.549812	0.1212
DLOG(NGAS(-6))	0.069404	0.025390	2.733477	0.0063
DLOG(AVG_SOUTH(-6))	0.292962	0.115106	2.545144	0.0109
DLOG(TOT(-7))	-0.042097	0.020388	-2.064815	0.0389
ECM(-1)	-0.056669	0.017773	-3.188413	0.0014
ECM(-2)	0.037134	0.017795	2.086790	0.0369
Variance Equation				
C	1.64E-05	9.47E-06	1.733075	0.0831
RESID(-1)^2	0.098708	0.036674	2.691510	0.0071
GARCH(-1)	0.848959	0.048376	17.54928	0.0000
R-squared	0.119820	Mean dependent var	-0.000892	
Adjusted R-squared	0.103658	S.D. dependent var	0.018814	
S.E. of regression	0.017812	Akaike info criterion	-5.448882	
Sum squared resid	0.224635	Schwarz criterion	-5.360034	
Log likelihood	1981.047	F-statistic	7.413904	
Durbin-Watson stat	1.913956	Prob(F-statistic)	0.000000	

Osservando il risultato finale della processo di selezione, è possibile formulare alcuni commenti sui test riguardanti il modello:

- R e  $R^2$  sono tuttora ad un livello basso ma comunque superiore al precedente modello.
- Prob(F-statistic) è 0 quindi i regressori sono congiuntamente significativi.
- Le componenti GARCH e  $RESID^2$  sono significative anche in questo modello.
- Le iterazioni sono diminuite da 145 (riferite al modello dinamico saturo) a 93, indice di minor necessità di iterazioni per raggiungere la massima verosimiglianza.
- La statistica test Durbin Watson, essendo molto vicina a 2, indica l'assenza di autocorrelazione. Come controprova, vedesi correlogramma dei residui.

### Correlogramma dei residui

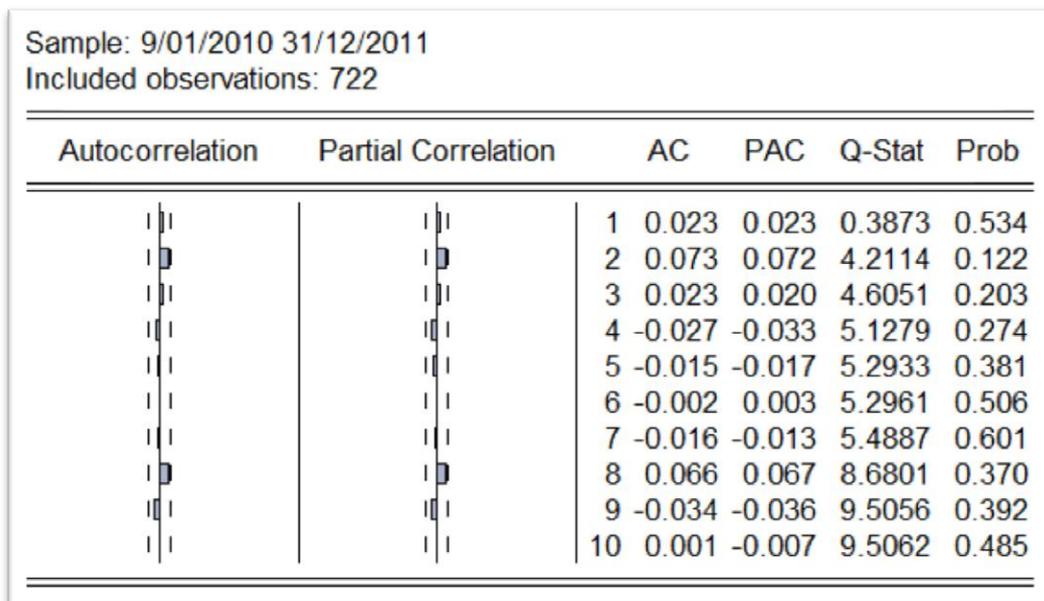


Figura 25. Correlogramma dei residui derivanti dal modello dinamico.

Il correlogramma dei residui dimostra l'assenza di autocorrelazione. Esito importante che ci permette di assumere che la serie dei residui potrebbe avvicinarsi ad essere un processo White Noise, qualora si riscontrasse anche media nulla e varianza costante, e quindi composto solamente da errori casuali non prevedibili né eliminabili.

A controprova della mancanza di autocorrelazione dei residui, vedesi il seguente test di LM di Breusch-Pagan-Godfrey.

### ARCH Test:

---

---

<b>F-statistic</b>	<b>0.368029</b>	<b>Probability</b>	<b>0.920906</b>
<b>Obs*R-squared</b>	<b>2.595897</b>	<b>Probability</b>	<b>0.919704</b>

---

---

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

Date: 23/11/12 Time: 22:25

Sample (adjusted): 16/01/2010 31/12/2011

Included observations: 715 after adjustments

White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance

---

---

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.059484	0.184227	5.750967	0.0000
STD_RESID^2(-1)	-0.024022	0.014058	-1.708795	0.0879
STD_RESID^2(-2)	-0.020558	0.015963	-1.287851	0.1982
STD_RESID^2(-3)	-0.019724	0.015594	-1.264876	0.2063
STD_RESID^2(-4)	-0.011783	0.015396	-0.765338	0.4443
STD_RESID^2(-5)	-0.006156	0.017239	-0.357110	0.7211
STD_RESID^2(-6)	-0.020807	0.012771	-1.629223	0.1037
STD_RESID^2(-7)	0.040580	0.032641	1.243247	0.2142

---

---

R-squared	0.003631	Mean dependent var	0.996983
Adjusted R-squared	-0.006234	S.D. dependent var	3.528743
S.E. of regression	3.539726	Akaike info criterion	5.377101
Sum squared resid	8858.470	Schwarz criterion	5.428260
Log likelihood	-1914.314	F-statistic	0.368029
Durbin-Watson stat	2.019783	Prob(F-statistic)	0.920906

---

---

L'ipotesi nulla del LM Test è l'assenza di correlazione seriale fra i residui. Come si può vedere dai livelli di significatività osservati di entrambe le Statistiche test utilizzate, l'ipotesi nulla non è rifiutata per tutti i livelli di confidenza usuali.

Per appurare se effettivamente siamo di fronte a residui tendenti a un processo White Noise, si proporrà il test di Normalità, Jarque-Bera e l'analisi di altri indicatori come la distorsione e la curtosi sulla serie standardizzata dei residui.

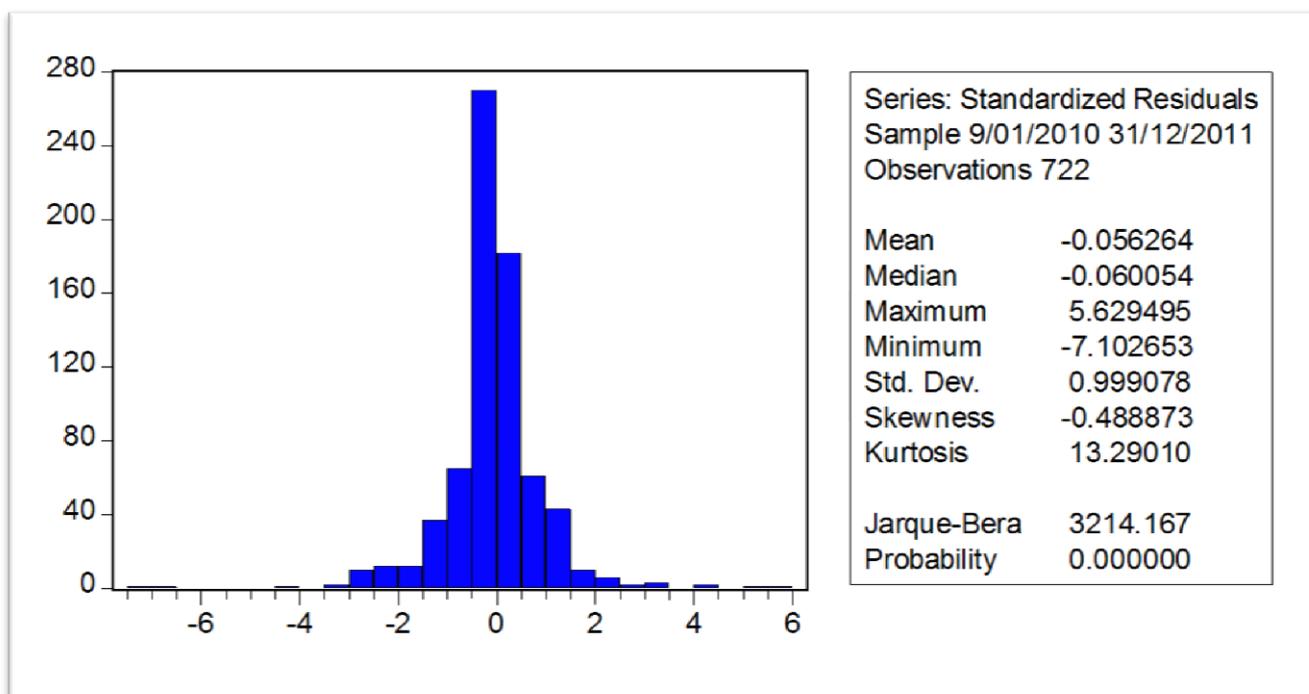


Figura 26. Grafico relativo alla distribuzione dei residui ed ai test associati.

Secondo la curtosi riscontrata siamo di fronte ad una distribuzione leptocurtica, indice di un allungamento rispetto alla distribuzione normale (la quale ha curtosi uguale a 3). Secondo la distorsione riscontrata, la distribuzione è leggermente spostata a sinistra della media (-0.488873) mentre la media è tendenzialmente 0 e la deviazione standard 1.

Per quanto riguarda il test di Jarque-Bera, l'ipotesi nulla è che la serie abbia congiuntamente asimmetria e curtosi nulle. Tale ipotesi viene rigettata per valori di JB troppo grandi come nel caso analizzato. L'ultimo indicatore utile alla nostra analisi è indicato con Probability e consiste nella verifica dell'ipotesi di distribuzione normale della serie, in questo caso rifiutata con probabilità inferiore all'1%.

### Commento sui regressori:

Relazione ETS - COAL:

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(COAL)	0.460893	0.087621	5.260078	0.0000
DLOG(COAL(-1))	-0.147211	0.064057	-2.298149	0.0216

Relazione attesa e riscontrata: direttamente proporzionale. Teoricamente se vi è un incremento del prezzo del carbone è probabilmente dovuto all'incremento della domanda. Se vi è un aumento della necessità di combustibile vi sarà di conseguenza un bisogno di copertura per le emissioni addizionali, da cui un aumento della domanda di quote di CO<sub>2</sub>, quindi un aumento di prezzo.

Tutto ciò sembra seguire una logica inoppugnabile anche se, come riscontrato con altre materie prime, non del tutto scontata. Difatti, se osserviamo i risultati ottenuti nel modello utilizzato nello studio preso a riferimento ("Forecasting the european carbon market"), si può osservare che, variabili come il prezzo del carbone, variano di significatività con il tempo sebbene sarebbe logico considerarli come significativamente rilevanti per tutto il periodo osservato.

La serie Coal ritardata di un periodo, con beta negativo, probabilmente contribuisce a compensare la contribuzione data dal valore contemporaneo della serie.

#### **Relazione ETS - EUR\_USD:**

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(EUR_USD)	0.396772	0.126282	3.141966	0.0017

Relazione attesa e riscontrata: Direttamente proporzionale. Tutte le principali materie prime combustibili sono quotate in dollari. Un apprezzamento dell'euro, fino a che non si apprezzino di conseguenza anche le materie prime per l'ipotesi di equilibrio dei mercati, consentirebbe di acquistare ad un prezzo minore il combustibile e di conseguenza produrre più CO<sub>2</sub> e da qui la necessità di approvvigionarsi di quote di emissioni. Maggiore richiesta a parità di offerta implicherà dunque un incremento di prezzo.

#### **Relazione ETS - OIL:**

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(OIL(-1))	-0.166306	0.053880	-3.086585	0.0020
DLOG(OIL(-2))	0.072198	0.046585	1.549812	0.1212

In via di definizione delle relazioni nei precedenti paragrafi, si era ipotizzato vi dovesse essere una relazione direttamente proporzionale tra il prezzo delle emissioni e quello del petrolio. Dal modello risulta invece essere inversamente proporzionale. Sebbene in contrasto con le ipotesi iniziali,

essendo il petrolio un bene sostituto del carbone, si potrebbe riscontrare una relazione inversamente proporzionale con la serie ETS in quanto il rapporto tra ETS e COAL è direttamente proporzionale. Il segno della variabile più significativa difatti è negativo da si può confermare che, sebbene l'ipotesi iniziale non sia stata verificata appieno, il risultato segua comunque una logica comune.

**Relazione ETS - AVG\_SOUTH:**

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(AVG_SOUTH(-6))	0.292962	0.115106	2.545144	0.0109

Relazione attesa: è difficile da ipotizzare che genere di relazione possa valere per la maggior parte delle osservazioni tra la serie ETS e la media delle temperature di città del Centro-Sud Europa a causa della imprevedibilità del clima e del comportamento umano a seguito di variazioni climatiche. Dovendo ipotizzare una possibile relazione, un incremento della temperatura all'interno di un intervallo accettabile, potrebbe comportare un incremento della domanda di copertura delle quote dovuta ad un aumento della richiesta di altri prodotti i quali, per essere creati, necessitano del consumo di combustibili inquinanti. Tale teoria è supportata dalla propensione del genere umano ad incrementare i propri consumi in occasione di climi meno rigidi. Un esempio potrebbe essere la produzione OI in quanto maggiore durante il periodo estivo.

Il ritardo riscontrato invece potrebbe dunque essere dovuto alle tempistiche tecniche necessarie per incrementare il livello di produzione energetica per fare fronte a inusuali richieste di energia che potrebbero derivare da giornate troppo calde (quindi è necessaria energia per raffreddare) o troppo fredde (maggiore consumo per riscaldare) nel caso in cui vi siano cambi di temperatura estremi.

Incuriosisce il fatto che non vi sia significatività delle temperature del nord Europa, una possibile spiegazione potrebbe essere che, al contrario del sud, l'escursione termica tra un stagione e l'altra o tra il giorno e la notte non è così accentuata come potrebbe essere per le regioni meridionali e quindi vi è una maggiore variazione di richiesta energetica. Ovviamente queste sono solo ipotesi che andrebbero verificate con degli studi più approfonditi.

### Relazione ETS - TOT

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DLOG(TOT(-7))	-0.042097	0.020388	-2.064815	0.0389

Relazione attesa: Direttamente proporzionale. La relazione riscontrata rispecchia una discrepanza tra il risultato ipotizzato e quello empirico. Il ritardo di 7 periodi corrisponde ad una settimana effettiva (i dati sono giornalieri da calendario solare) ed è possibile farla corrispondere ad una componente stagionale settimanale sebbene dal cross correlogramma non sia stato evidenziato. Avendo un coefficiente leggermente negativo, la serie della produzione OI, contribuisce lievemente in controtendenza rispetto ad altri regressori analizzati in precedenza. Volendo ricercarne una spiegazione, si potrebbe fare appello alla possibile influenza del ciclo economico in atto. Tuttavia, è un' ipotesi difficilmente dimostrabile in quanto il coefficiente è decisamente troppo piccolo (inferiore persino alla componente correttiva dell'errore ECM) per poter azzardare delle teorie inconfutabili.

### Relazione ETS - ECM:

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
ECM(-1)	-0.056669	0.017773	-3.188413	0.0014
ECM(-2)	0.037134	0.017795	2.086790	0.0369

Come dal modello teorizzato, la serie degli errori provenienti dalla regressione di lungo periodo è utile per una correzione del modello dinamico. Il coefficiente della serie ritardata di un periodo è negativo come da costruzione.

Infine, con riferimento alle variabili non significative, si è notato come il tasso di interesse Euribor a 3 mesi non abbia alcuna relazione con il mercato ETS evidenziando così l'indipendenza del mercato della CO<sub>2</sub> da una delle principali variabili economiche europee. La motivazione potrebbe risiedere nel fatto che il mercato della emissioni segue delle dinamiche più a scala globale e non è influenzato esclusivamente dalla area geografica europea. Vi è da ricordare inoltre che il tasso Euribor non segue libere leggi di mercato bensì è influenzato in maniera preponderante dalla BCE, attraverso manovre di politica economica.

Per quanto riguarda il forecast ed i relativi test:

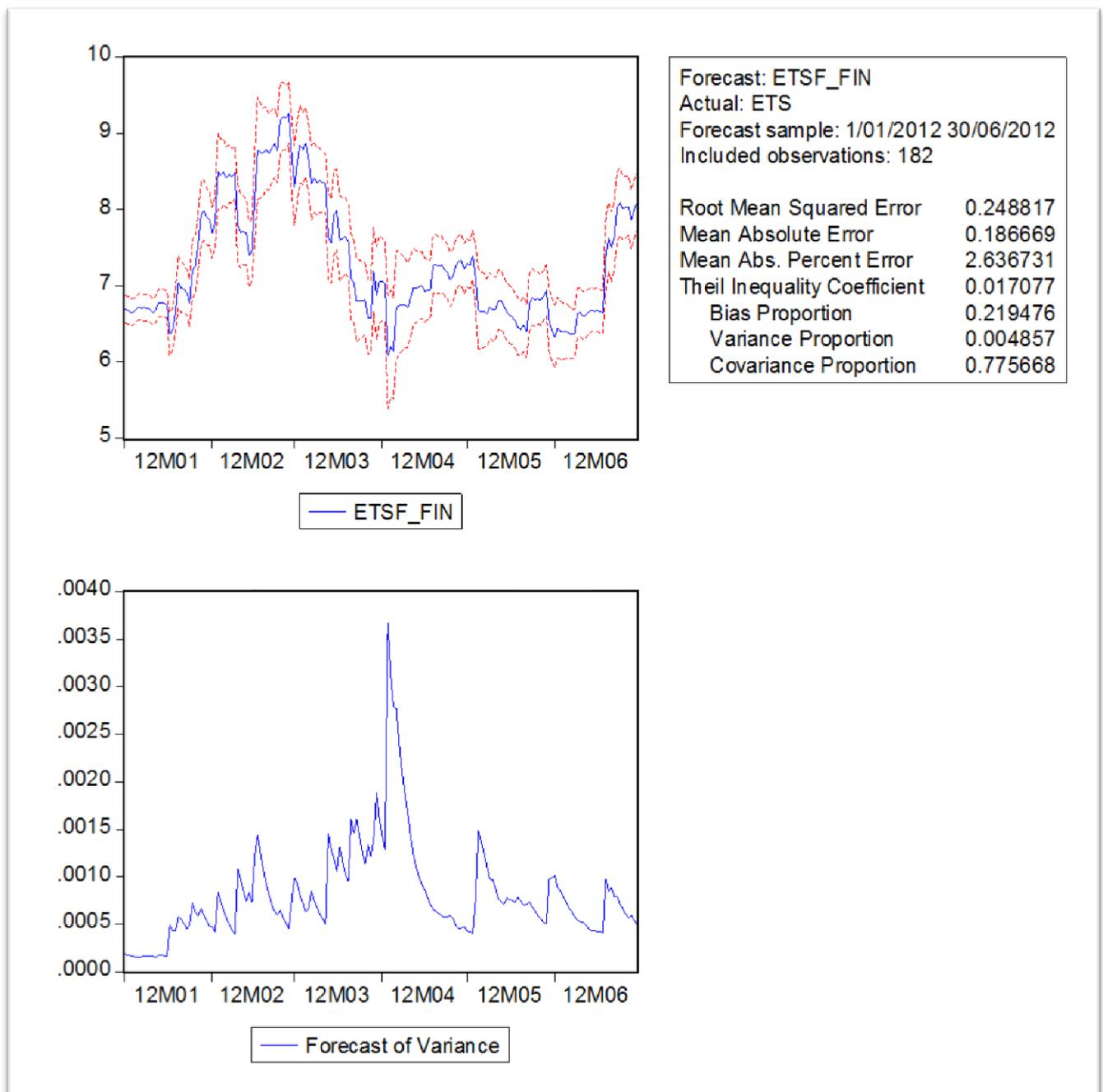


Figura 27. Previsione dinamica serie ETS 01.2012 - 06.2012. Dati in € per tonn di CO<sub>2</sub>

Confrontando i risultati dei test nella tabella con la precedente riguardante il modello statico, è possibile notare un notevole miglioramento nei valori della Bias Proportion, molto più vicina allo 0. Di conseguenza, anche la variance proportion è scesa molto attestandosi praticamente a 0 e maggior parte dell'errore della regressione si è spostato sulla covariance proportion, ovvero sull'errore non sistematico, che raggiunge valori prossimi ad 1.

A differenza del modello statico, stimato con il metodo OLS semplice, nel modello dinamico si è calcolato anche il forecast della varianza in quanto, essendo trattata come un processo ARMA, segue una sua propria evoluzione data da una componente auto regressiva (GARCH(-1) nel modello) e una di media mobile (RESID(-1)^2).

Osservando sempre quest'ultimo grafico, è possibile inoltre comprovare l'importanza della scelta di utilizzare il metodo GARCH in quanto è possibile notare come la varianza sia tutt'altro che costante nel tempo e, di conseguenza, non è affidabile utilizzare un metodo di stima OLS perché l'eteroschedasticità ne inficia l'utilità.

Come per il modello statico, si proporrà il grafico derivante dalla stima in previsione dell'ultimo periodo (01.2012 – 06.2012) e una comparazione tra i valori calcolati utilizzando la regressione appena stimata e la serie di dati reali.

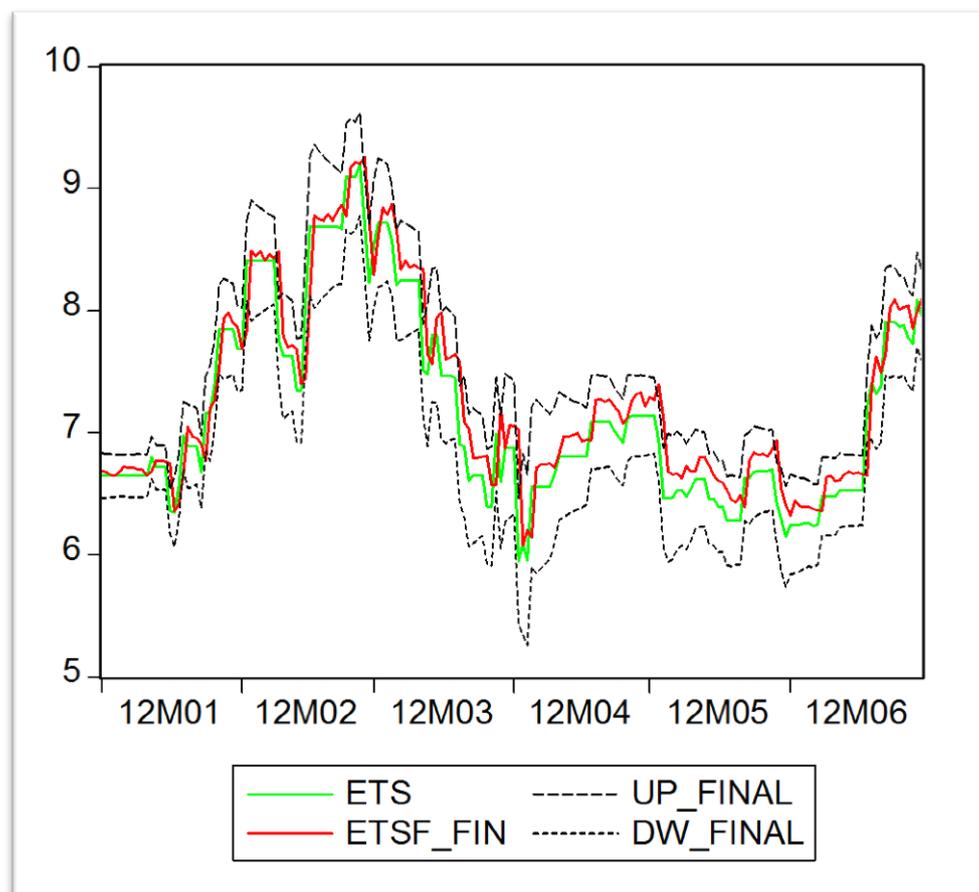


Figura 28. Confronto tra la serie ETS reale (ETS) e il forecast (ETSF\_FIN)  $\pm 2\sigma$ . Dati in € per tonn CO<sub>2</sub>

Come è osservabile, la stima effettuata tramite il modello dinamico finale è decisamente più affidabile in termini di errore rispetto al modello statico. In tutta la loro estensione le due curve

rimangono all'interno dell'intervallo di confidenza prefissato ovvero: due volte lo standard error centrato sul forecast. Tale intervallo, corrisponde approssimativamente al 5% della serie stimata.

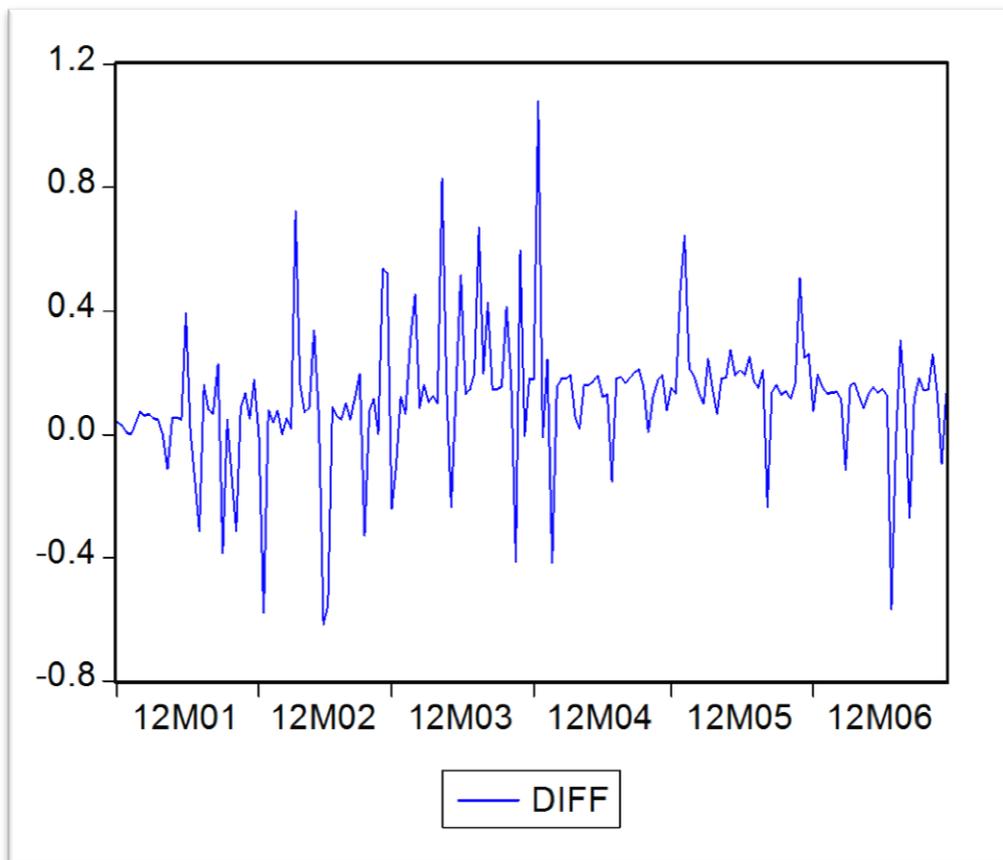


Figura 29. Differenza tra il Forecast e la serie ETS reale. Dati in €/tonn CO<sub>2</sub>

La differenza tra le due serie, rappresentata attraverso il precedente il grafico, dimostra come la distanza tra le due sia estremamente ridotta. Mediamente la differenza tra le due serie non supera il 1.6% <sup>44</sup>, il quale corrisponde mediamente a circa 0.116 € per tonn di CO<sub>2</sub>.

Considerata la complessità delle variabili prese in oggetto e la elevata frequenza di cambiamento dei dati, una stima con questo margine di errore è da considerarsi un risultato più che accettabile.

<sup>44</sup> Dato calcolato effettuando la media dei valori derivati dalla divisione della serie generata dal forecast meno la serie reale per la serie stimata in forecast.

## Conclusioni

Come obiettivo finale dell'elaborato, si era prefigurato di verificare una possibile relazione tra il mercato delle quote di CO<sub>2</sub>, conosciuto come ETS e introdotto con protocollo di Kyoto, ed i principali fattori economici che influenzano quotidianamente l'economia europea.

Più nello specifico, analizzato il meccanismo retrostante il protocollo, è stato possibile osservare come, concretamente, il valore delle European Allowances possa variare significativamente nel tempo ed essere influenzato non soltanto da fattori legislativi e politici come si è soliti pensare, ma anche da elementi relativi a settori macroeconomici, energetici, produttivi e relativi al clima.

Per comprovare le relazioni ipotizzate sono stati effettuati molteplici test, sia sulle serie storiche che sui residui dalle regressioni, con lo scopo di selezionare il metodo di stima più corretto di modo che una volta implementati vari modelli statici, tramite il metodo OLS, e dinamici utilizzando il GARCH, si potesse giungere ad un output statisticamente affidabile.

Osservando il modello dinamico risultante, si è potuto giungere a delle conclusioni generalistiche secondo le quali esistono nel mondo economico alcune tipologie di variabili, come ad esempio le materie prime, che seguono comportamenti secondo logiche di mercato ed altre che si comportano in maniera opposta a quanto teorizzato.

Osservandone una in particolare, ovvero la produzione O-I, e considerandola come un benchmark per il settore del glass packaging a livello mondiale, si può notare come, contrariamente alle ipotesi iniziali, non sussistano le logiche di mercato alla base del ragionamento: incremento della produzione, maggiore inquinamento, necessità di copertura delle emissioni, aumento del prezzo delle quote di CO<sub>2</sub>.

Seguendo questa logica di non influenza, si può ipotizzare che, comparata ad altri fattori di costo presenti all'interno di un processo produttivo, l'inquinamento atmosferico non incide in maniera preponderante. Un possibile motivo della non significatività della produzione O-I potrebbe risiedere, secondo un punto di vista generale, in una troppa elevata allocazione di quote gratuite di emissioni da parte della Unione Europea. Decisione presa non considerando l'imprevedibile calo produttivo dovuto alla recente crisi finanziaria.

Il mercato ETS, essendo comunque la più grande piazza di interscambio di certificati di CO<sub>2</sub>, è sicuramente influenzato da una moltitudine di fattori che esulano da quelli presi in considerazione sinora. Un segnale della vastità del mercato, ad esempio, è rappresentato dalla elevata significatività del tasso di cambio euro-dollaro il quale sembra aver molta più influenza delle materie prime stesse. In parte è possibile riconoscere il motivo dell'elevata influenza nella valuta nella quale sono quotati i principali combustibili, ovvero il dollaro.

Ciononostante, essendo il mercato ETS un meccanismo implementato ai fini di ridurre le emissioni facendo leva sul fattore economico, si attendeva una maggiore dipendenza da quest'ultime e non dal fattore valutario di per sé dimostrando così una scarsa indipendenza da eventuali decisioni di politica macroeconomica.

Concludendo, sebbene la relazione produzione-quote di emissioni non segua le logiche economiche ipotizzate durante la trattazione, è importante ricordare come l'introduzione del libero scambio di quote di CO<sub>2</sub> attraverso un mercato regolamentato abbia contribuito, senza ombra di dubbio, ad un maggior controllo e riduzione delle emissioni durante gli anni.

In aggiunta si è focalizzata l'attenzione su un concetto da molti poco considerato, sebbene sia conosciuto in letteratura, alla base della logica di impresa: l'inquinamento ha un costo economico, oltre che ambientale e sociale. È importante dunque sottolineare che, se si seguisse fermamente questa logica e la si interiorizzasse a pieno nel mondo economico-produttivo, si avrebbe sicuramente una maggiore relazione emissioni-materie prime-produzione.

## **Appendice A: Modifiche al Emission Trading Scheme per la terza fase**

All'interno del sistema ETS, è possibile ritrovare il 40% delle emissioni provenienti dall'UE. Ridefinendo per il periodo 2013-2020 il sistema, l'Unione Europea mira a conseguire i due terzi della riduzione totale posta come obiettivo per il 2020.

I meccanismi messi in atto, per raggiungere tale obiettivo, sono riassumibili in pochi principali punti:

- Concedere meno quote di gas serra emettabili partendo dal 2013 sino a raggiungere un taglio del 21% dei livelli di emissione rispetto il 2005.
- Incremento dei settori che devono sottostare al sistema ETS, a partire dal chimico, alla produzione di alluminio e all'introduzione di due nuovi gas serra: protossido di azoto e fluorocarburi.
- Introduzione dal 2013 di un sistema di aste per acquistare quote di emissioni. Gli introiti, saranno destinati al finanziamento di progetti e misure atte a ridurre le emissioni e all'adattamento al cambiamento climatico.

Le industrie manifatturiere trovandosi in questo modo a far fronte a pressanti costi, onde evitare la delocalizzazione, potranno beneficiare di quote gratuite fino al 2027.

Modifiche ad altri settori non rientranti nel sistema ETS.

Gli altri settori rappresentano il 60% delle emissioni dell'intera UE e vi sono compresi: trasporti (eccetto aviazione), edilizia, consumi domestici, agricoltura e rifiuti. Per tali categorie si prevede una riduzione delle emissioni del 10% rispetto ai livelli dei 2005 prendendo come dead line sempre l'anno 2020.

La messa in atto della riduzione è concepita attraverso obiettivi nazionali vincolanti, decisi in relazione alla ricchezza dei diversi paesi. Prendendo ad esempio l'Italia, è prevista una riduzione del 13% rispetto al 2005 oltre a crediti previsti per progetti realizzati in paesi terzi.

### **a. Fonti rinnovabili**

Vi sono misure riguardanti le fonti rinnovabili e consistono nel fissare come obiettivo, entro il 2020, che il 20% della energia consumata in UE provenga da fonti rinnovabili. Si potrà anche includere, in certi casi, l'energia prodotta nei paesi terzi. Riguardo i trasporti in particolare, almeno un 10%

della energia consumata dovrà provenire da biocarburanti o altre fonti come ad esempio idrogeno, elettricità ottenuta con metodi eco-compatibili.

Il tutto sarà commisurato alla ricchezza del paese e per questo si avranno vincoli percentuali differenti. Ad esempio si può partire dal 10% per Malta sino ad arrivare al 49% per la Svezia, passando per il 17% per l'Italia.

#### **b. Cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub>**

La UE ha adottato una direttiva che decreta un quadro giuridico per lo stoccaggio geologico eco-sostenibile della CO<sub>2</sub>. A tale fine si prevede saranno messi a disposizione fondi ottenuti tramite il sistema di Emission Trading. L'ammontare dei fondi non sarà superiore ai 300 milioni di euro e saranno destinati a 12 progetti dimostrativi. Le grandi centrali elettriche inoltre, saranno obbligate a implementare impianti di stoccaggio sotterraneo.

#### **c. Emissioni delle automobili**

A partire dal 2012, sarà fissato il livello medio di emissioni di CO<sub>2</sub> per ogni vettura. Tale valore sarà pari a 130 g CO<sub>2</sub>/km e sarà conseguito attraverso il miglioramento tecnologico dei motori e una ulteriore diminuzione pari a 10 g CO<sub>2</sub>/km sarà attuata tramite tecnologie di natura differente e ad un maggior utilizzo di biocarburanti e altre fonti non dipendenti da combustibili fossili.

Vi è un ulteriore obiettivo, più a lungo termine: ridurre le emissioni medie per autovettura sino a portarle a 95 g CO<sub>2</sub>/km. La dead line sarà l'anno 2020 e saranno previste sanzioni progressive per ogni grammo in eccesso ma anche agevolazioni per i costruttori ecologicamente più virtuosi e i piccoli produttori.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Fonte e per approfondimenti, si rimanda al sito del Parlamento Europeo.

## Appendice B: Augmented Dickey–Fuller test

Il Test di Dickey-Fuller aumentato, in inglese Augmented Dickey–Fuller test (ADF test), è uno dei test più efficienti per verificare la stazionarietà di un processo che si possa riscontrare in letteratura. Tale test deriva dal più semplice test di Dickey–Fuller, trattato qui di seguito.

Il test DF fa riferimento a 3 modelli di base:

Modello 1 – Test per una radice unitaria:

$$y_t = \delta y_{t-1} + u_t$$

se ci si attende che la regressione sia non stazionaria in varianza e abbia media teorica nulla.

Modello 2 - Test per una radice unitaria con un "drift" ( $a_0$  intesa come costante):

$$y_t = a_0 + \delta y_{t-1} + u_t$$

Modello 3 - Test per una radice unitaria con "drift" e "trend":

$$y_t = a_0 + a_1 t + \delta y_{t-1} + u_t$$

L'ipotesi nulla del test,  $H_0$ , consiste nella presenza di radice unitaria, ossia di non stazionarietà della serie mentre  $H_1$  nel suo opposto, la stazionarietà della serie. Se la statistica del test supera i valori critici allora saremo in presenza di una serie  $H_0$ , non stazionaria. Riporteremo di seguito i test adf effettuati sulle variabili, tenendo conto soltanto dei risultati significativi con una probabilità inferiore allo 0,05

## Appendice C: Richiamo teorico test ADF sulle differenze prime

Seguendo l'ipotesi di presenza di autocorrelazione si procederà con la differenziazione. Questo processo elimina dalle serie eventuali trend temporali e autocorrelazione con il valore temporale precedente e consente di analizzare solamente le variazioni nette nel tempo.

Per calcolare le nuove serie verrà effettuato il test ADF di stazionarietà sulla serie  $\Delta \log(x_i)$  derivante dalla seguente equazione:

$$\Delta \log(x_i) = \log(x_i) - \log(x_{i-1})$$

Se l'output dei test sarà di stazionarietà, si potrà dichiarare di essere in presenza di processi AR(1) (detti anche integrati di ordine 1) sui livelli. Tali processi, per definizione, sono caratterizzati da una influenza tra i valori della serie al tempo  $t=0$  e il  $t=-1$

Rappresentandolo con una formula il processo AR(1) avremo:

$$X_i = c + \varphi_1 X_{i-1} + \varepsilon_i$$

Dove:

$\varphi_1$  è il coefficiente relativo alla componente auto regressiva,

$c$  è la costante

$\varepsilon_i$  l'errore casuale, che segue un processo White Noise.

Se, a seguito dei test, sarà verificata l'ipotesi di integrazione di ordine 1 per tutte le variabili sarà dunque possibile procedere con la stima del modello statico (detto anche di lungo periodo) seguendo la procedura suggerita da Engle e Granger (1987).<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Engle, R, Granger, C. (1987), Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing, *Econometrica* 55, 251-276.

## Appendice D: Test ADF sui livelli

### i. Serie log(ETS):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.095980	0.2479
Test critical values: 1% level	-2.568138	
5% level	-1.941258	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LOG\_ETS)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 19:31

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011

Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_ETS(-1)	-0.000296	0.000270	-1.095980	0.2734
R-squared	-0.000265	Mean dependent var	-0.000828	
Adjusted R-squared	-0.000265	S.D. dependent var	0.018931	
S.E. of regression	0.018933	Akaike info criterion	-5.094446	
Sum squared resid	0.260959	Schwarz criterion	-5.088147	
Log likelihood	1857.926	Durbin-Watson stat	2.076619	

L' adf test presenta un indice, in valore assoluto , superiore al livello di criticità del 10% allora rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie storica .

### ii. Serie log(Coal):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.892462	0.9006
Test critical values: 1% level	-2.568138	

5% level	-1.941258
10% level	-1.616407

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LOG\_COAL)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 19:32

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011

Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_COAL(-1)	6.11E-05	6.85E-05	0.892462	0.3724
R-squared	-0.000102	Mean dependent var		0.000356
Adjusted R-squared	-0.000102	S.D. dependent var		0.010302
S.E. of regression	0.010302	Akaike info criterion		-6.311578
Sum squared resid	0.077264	Schwarz criterion		-6.305279
Log likelihood	2301.570	Durbin-Watson stat		1.824202

Anche in questo caso siamo di fronte ad un valore superiore al livello di criticità del 10%. Si rifiuta l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie storica .

### iii. Serie log(Oil):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.291875	0.7701
Test critical values: 1% level	-2.568138	
5% level	-1.941258	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LOG\_OIL)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 19:57  
 Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011  
 Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_OIL(-1)	3.19E-05	0.000109	0.291875	0.7705
R-squared	-0.000033	Mean dependent var	0.000163	
Adjusted R-squared	-0.000033	S.D. dependent var	0.013339	
S.E. of regression	0.013339	Akaike info criterion	-5.794838	
Sum squared resid	0.129537	Schwarz criterion	-5.788540	
Log likelihood	2113.219	Durbin-Watson stat	1.966153	

Come per i precedenti test, il valore della statistica t è superiore al livello di criticità del 10%.  
 Rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie storica.

#### iv. Serie log(Ngas):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.260026	0.1914
Test critical values: 1% level	-2.568138	
5% level	-1.941258	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LOG\_NGAS)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 20:06

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011

Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_NGAS(-1)	-0.000693	0.000550	-1.260026	0.2081

R-squared	0.000573	Mean dependent var	-0.000854
Adjusted R-squared	0.000573	S.D. dependent var	0.021330
S.E. of regression	0.021323	Akaike info criterion	-4.856645
Sum squared resid	0.331015	Schwarz criterion	-4.850346
Log likelihood	1771.247	Durbin-Watson stat	2.118660

Come per i precedenti, osservando il livello di criticità del 10%. Rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie storica.

#### v. Serie log(Eur\_usd):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.686596	0.4195
Test critical values: 1% level	-2.568138	
5% level	-1.941258	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(EUR\_USD)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 20:07

Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011

Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EUR_USD(-1)	-0.000147	0.000214	-0.686596	0.4926

R-squared	0.000144	Mean dependent var	-0.000176
Adjusted R-squared	0.000144	S.D. dependent var	0.007861
S.E. of regression	0.007860	Akaike info criterion	-6.852630
Sum squared resid	0.044978	Schwarz criterion	-6.846331
Log likelihood	2498.784	Durbin-Watson stat	1.865922

Anche per il tasso di cambio euro dollaro, rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie per un livello critico del 10%.

**vi. Serie log(Eur 3M):**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.721357	0.9798
Test critical values: 1% level	-2.568156	
5% level	-1.941260	
10% level	-1.616406	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(EUR\_3M)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 20:10

Sample (adjusted): 1/06/2010 12/31/2011

Included observations: 725 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EUR_3M(-1)	0.000359	0.000209	1.721357	0.0856
D(EUR_3M(-1))	0.091109	0.037112	2.454982	0.0143
D(EUR_3M(-2))	0.069157	0.036820	1.878263	0.0607
D(EUR_3M(-3))	0.169322	0.037000	4.576322	0.0000
D(EUR_3M(-4))	0.099088	0.037451	2.645806	0.0083
R-squared	0.063677	Mean dependent var	0.000906	
Adjusted R-squared	0.058475	S.D. dependent var	0.006515	
S.E. of regression	0.006321	Akaike info criterion	-7.282890	
Sum squared resid	0.028771	Schwarz criterion	-7.251261	
Log likelihood	2645.047	Durbin-Watson stat	2.013192	

Come osservato per le altre variabili economiche, rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà della serie per un livello critico del 10% anche per l'euribor 3 mesi.

**vii. Serie log(tot):**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.098929	0.7138
Test critical values: 1% level	-2.568200	
5% level	-1.941267	
10% level	-1.616401	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LOG\_TOT)

Method: Least Squares

Date: 10/27/12 Time: 20:08

Sample (adjusted): 1/16/2010 12/31/2011

Included observations: 715 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_TOT(-1)	7.12E-06	7.20E-05	0.098929	0.9212
D(LOG_TOT(-1))	-0.167970	0.036114	-4.651069	0.0000
D(LOG_TOT(-2))	-0.176808	0.036670	-4.821642	0.0000
D(LOG_TOT(-3))	-0.154807	0.037299	-4.150439	0.0000
D(LOG_TOT(-4))	-0.148461	0.037902	-3.916980	0.0001
D(LOG_TOT(-5))	-0.196726	0.038379	-5.125926	0.0000
R-squared	0.557384	Mean dependent var	8.75E-05	
Adjusted R-squared	0.548532	S.D. dependent var	0.027371	
S.E. of regression	0.018391	Akaike info criterion	-5.133169	
Sum squared resid	0.236757	Schwarz criterion	-5.037247	
Log likelihood	1850.108	Durbin-Watson stat	1.981089	

Per quanto riguarda la serie storica della produzione di vetro, abbiamo un risultato simile ai precedenti che comporta il rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà al 10%.

**viii. Serie log(Avg North):**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.262305	0.7619
Test critical values:		
1% level	-2.568156	
5% level	-1.941260	
10% level	-1.616406	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LOG\_AVG\_NORTH)  
 Method: Least Squares  
 Date: 10/27/12 Time: 20:11  
 Sample (adjusted): 1/06/2010 12/31/2011  
 Included observations: 725 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_AVG_NORTH(-1)	1.23E-05	4.68E-05	0.262305	0.7932
D(LOG_AVG_NORTH(-1))	0.114227	0.037148	3.074919	0.0022
D(LOG_AVG_NORTH(-2))	-0.235739	0.037117	-6.351166	0.0000
D(LOG_AVG_NORTH(-3))	-0.124393	0.037114	-3.351684	0.0008
D(LOG_AVG_NORTH(-4))	-0.106760	0.037162	-2.872835	0.0042
R-squared	0.098828	Mean dependent var	6.08E-05	
Adjusted R-squared	0.093821	S.D. dependent var	0.007465	
S.E. of regression	0.007106	Akaike info criterion	-7.048849	
Sum squared resid	0.036358	Schwarz criterion	-7.017220	
Log likelihood	2560.208	Durbin-Watson stat	1.992965	

Per la temperatura media del nord Europa, vi è lo stesso esito dei precedenti test: rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà al 10%.

### ix. Serie log(Avg South):

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.062289	0.6617
Test critical values:		
1% level	-2.568138	
5% level	-1.941258	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LOG\_AVG\_SOUTH)  
 Method: Least Squares  
 Date: 10/27/12 Time: 20:12  
 Sample (adjusted): 1/02/2010 12/31/2011  
 Included observations: 729 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG_AVG_SOUTH(-1)	-1.69E-06	2.72E-05	-0.062289	0.9503
R-squared	0.000002	Mean dependent var	-8.11E-06	
Adjusted R-squared	0.000002	S.D. dependent var	0.004159	
S.E. of regression	0.004159	Akaike info criterion	-8.125878	
Sum squared resid	0.012590	Schwarz criterion	-8.119579	
Log likelihood	2962.882	Durbin-Watson stat	1.860009	

Come era possibile prevedere una volta osservato il risultato ottenuto per le temperature del nord, vi è lo stesso esito per quelle del Sud Europa: rifiuto l'ipotesi H1 di stazionarietà al 10%.

## Appendice E: Test ADF sulle differenze prime

### i. ADF su $\Delta \log(\text{ETS})$ :

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-28.82051	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	
5% level	-1.941259	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(ETS,2)

Method: Least Squares

Date: 01/08/12 Time: 23:14

Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011

Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ETS(-1))	-1.066525	0.037006	-28.82051	0.0000
R-squared	0.533263	Mean dependent var	6.63E-18	
Adjusted R-squared	0.533263	S.D. dependent var	0.337678	
S.E. of regression	0.230696	Akaike info criterion	-0.094062	
Sum squared resid	38.69131	Schwarz criterion	-0.087756	
Log likelihood	35.23851	Hannan-Quinn criter.	-0.091629	
Durbin-Watson stat	1.996238			

Risultato del test: stazionarietà (-28.82051 << -2.568142)

### ii. ADF su $\Delta \log(\text{Coal})$ :

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-24.54328	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	
5% level	-1.941259	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(COAL,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/08/12 Time: 23:09  
 Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(COAL(-1))	-0.906251	0.036925	-24.54328	0.0000
R-squared	0.453125	Mean dependent var	7.44E-17	
Adjusted R-squared	0.453125	S.D. dependent var	3.471999	
S.E. of regression	2.567577	Akaike info criterion	4.725175	
Sum squared resid	4792.711	Schwarz criterion	4.731480	
Log likelihood	-1718.964	Hannan-Quinn criter.	4.727608	
Durbin-Watson stat	1.993402			

Risultato del test: stazionarietà (-24.54328 << -2.568142)

### iii. ADF su $\Delta \log(\text{Oil})$ :

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-26.61124	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	
5% level	-1.941259	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(OIL,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/08/12 Time: 23:21  
 Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(OIL(-1))	-0.986871	0.037085	-26.61124	0.0000
R-squared	0.493436	Mean dependent var	0.000000	
Adjusted R-squared	0.493436	S.D. dependent var	1.725917	

S.E. of regression	1.228393	Akaike info criterion	3.250663
Sum squared resid	1097.006	Schwarz criterion	3.256969
Log likelihood	-1182.241	Hannan-Quinn criter.	3.253096
Durbin-Watson stat	1.999628		

Risultato del test: stazionarietà (-26.61124 << -2.568142)

**iv. ADF su  $\Delta \log(\text{NGas})$ :**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-28.11696	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	
5% level	-1.941259	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(NGAS,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/08/12 Time: 23:18  
 Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(NGAS(-1))	-1.041885	0.037055	-28.11696	0.0000
R-squared	0.520943	Mean dependent var	1.22E-18	
Adjusted R-squared	0.520943	S.D. dependent var	0.130118	
S.E. of regression	0.090060	Akaike info criterion	-1.975316	
Sum squared resid	5.896512	Schwarz criterion	-1.969010	
Log likelihood	720.0149	Hannan-Quinn criter.	-1.972883	
Durbin-Watson stat	1.997385			

Risultato del test: stazionarietà (-28.11696 << -2.568142)

**v. ADF su  $\Delta \log(\text{Eur\_Usd})$ :**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-25.20027	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	

5% level	-1.941259
10% level	-1.616407

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(EUR\_USD,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/08/12 Time: 23:15  
 Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(EUR_USD(-1))	-0.932494	0.037003	-25.20027	0.0000
R-squared	0.466247	Mean dependent var	0.000000	
Adjusted R-squared	0.466247	S.D. dependent var	0.010745	
S.E. of regression	0.007850	Akaike info criterion	-6.855174	
Sum squared resid	0.044802	Schwarz criterion	-6.848868	
Log likelihood	2496.283	Hannan-Quinn criter.	-6.852741	
Durbin-Watson stat	2.008363			

Risultato del test: stazionarietà (-25.20027 << -2.568142)

**vi. ADF su  $\Delta \log(\text{Eur } 3 \text{ M})$ :**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-9.187908	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568156	
5% level	-1.941260	
10% level	-1.616406	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(EUR\_3M,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/08/12 Time: 23:14  
 Sample (adjusted): 6/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 725 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

D(EUR_3M(-1))	-0.548155	0.059661	-9.187908	0.0000
D(EUR_3M(-1),2)	-0.355806	0.057083	-6.233143	0.0000
D(EUR_3M(-2),2)	-0.280872	0.049579	-5.665120	0.0000
D(EUR_3M(-3),2)	-0.105284	0.037328	-2.820498	0.0049
<hr/>				
R-squared	0.456200	Mean dependent var	1.38E-06	
Adjusted R-squared	0.453937	S.D. dependent var	0.008566	
S.E. of regression	0.006330	Akaike info criterion	-7.281541	
Sum squared resid	0.028889	Schwarz criterion	-7.256238	
Log likelihood	2643.559	Hannan-Quinn criter.	-7.271776	
Durbin-Watson stat	2.014981			

Risultato del test: stazionarietà (-9.187908 << -2.568142)

### vii. ADF su $\Delta \log(\text{tot})$ :

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.982172	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568200	
5% level	-1.941267	
10% level	-1.616401	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TOT,2)

Method: Least Squares

Date: 01/08/12 Time: 23:22

Sample (adjusted): 16/01/2010 31/12/2011

Included observations: 715 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(TOT(-1))	-1.522191	0.218011	-6.982172	0.0000
D(TOT(-1),2)	0.341120	0.209003	1.632128	0.1031
D(TOT(-2),2)	0.151581	0.199172	0.761056	0.4469
D(TOT(-3),2)	-0.008611	0.188436	-0.045698	0.9636
D(TOT(-4),2)	-0.168635	0.177370	-0.950752	0.3421
D(TOT(-5),2)	-0.371390	0.165796	-2.240041	0.0254
D(TOT(-6),2)	-0.463122	0.155097	-2.986023	0.0029
D(TOT(-7),2)	-0.179247	0.143728	-1.247121	0.2128
D(TOT(-8),2)	-0.119318	0.125637	-0.949707	0.3426
D(TOT(-9),2)	-0.174800	0.106769	-1.637173	0.1020
D(TOT(-10),2)	-0.190880	0.089337	-2.136623	0.0330
D(TOT(-11),2)	-0.250009	0.072160	-3.464651	0.0006
D(TOT(-12),2)	-0.273229	0.054422	-5.020589	0.0000
D(TOT(-13),2)	-0.285119	0.035570	-8.015654	0.0000

R-squared	0.762661	Mean dependent var	-0.657736
Adjusted R-squared	0.758259	S.D. dependent var	526.8957
S.E. of regression	259.0594	Akaike info criterion	13.97138
Sum squared resid	47045365	Schwarz criterion	14.06091
Log likelihood	-4980.768	Hannan-Quinn criter.	14.00595
Durbin-Watson stat	1.983844		

Risultato del test: stazionarietà (-6.982172 << -2.568142)

**viii. ADF su  $\Delta \log(\text{Avg\_North})$ :**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-17.72275	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.568156	
5% level	-1.941260	
10% level	-1.616406	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(AVG\_NORTH,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 19/08/12 Time: 22:12  
 Sample (adjusted): 6/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 725 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(AVG_NORTH(-1))	-1.357200	0.076580	-17.72275	0.0000
D(AVG_NORTH(-1),2)	0.469450	0.062186	7.549188	0.0000
D(AVG_NORTH(-2),2)	0.233837	0.049082	4.764219	0.0000
D(AVG_NORTH(-3),2)	0.106984	0.037135	2.880942	0.0041
R-squared	0.481098	Mean dependent var	0.004703	
Adjusted R-squared	0.478939	S.D. dependent var	2.773849	
S.E. of regression	2.002290	Akaike info criterion	4.231962	
Sum squared resid	2890.609	Schwarz criterion	4.257265	
Log likelihood	-1530.086	Hannan-Quinn criter.	4.241728	
Durbin-Watson stat	1.994392			

Risultato del test: stazionarietà (-17.72275 << -2.568142)

**ix. ADF su  $\Delta \log(\text{Avg\_South})$ :**

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-25.23117	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.568142	
5% level	-1.941259	
10% level	-1.616407	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(AVG\_SOUTH,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 19/08/12 Time: 22:13  
 Sample (adjusted): 3/01/2010 31/12/2011  
 Included observations: 728 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(AVG_SOUTH(-1))	-0.934059	0.037020	-25.23117	0.0000
R-squared	0.466856	Mean dependent var	0.001772	
Adjusted R-squared	0.466856	S.D. dependent var	1.626469	
S.E. of regression	1.187593	Akaike info criterion	3.183108	
Sum squared resid	1025.345	Schwarz criterion	3.189413	
Log likelihood	-1157.651	Hannan-Quinn criter.	3.185541	
Durbin-Watson stat	1.992005			

Risultato del test: stazionarietà (-25.23117 << -2.568142)

## Appendice F: Modello Dinamico Saturo

Dependent Variable: DLOG(ETS)

Method: ML - ARCH

Date: 10/07/12 Time: 17:12

Sample (adjusted): 9/01/2010 31/12/2011

Included observations: 722 after adjustments

Convergence achieved after **145 iterations**

Variance backcast: ON

GARCH = C(73) + C(74)\*RESID(-1)^2 + C(75)\*GARCH(-1)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.001043	0.000672	1.553349	0.1203
DLOG(TOT)	0.035121	0.031179	1.126419	0.2600
DLOG(COAL)	0.440986	0.051775	8.517350	0.0000
DLOG(NGAS)	-0.000449	0.024701	-0.018183	0.9855
DLOG(EUR_USD)	0.441569	0.077593	5.690843	0.0000
DLOG(EUR_3M)	-0.275852	0.074458	-3.704796	0.0002
DLOG(OIL)	0.062178	0.037410	1.662057	0.0965
DLOG(AVG_NORTH)	-0.108925	0.082289	-1.323680	0.1856
DLOG(AVG_SOUTH)	0.155556	0.152134	1.022491	0.3065
DLOG(TOT(-1))	0.008793	0.061415	0.143179	0.8861
DLOG(COAL(-1))	-0.149181	0.113124	-1.318741	0.1873
DLOG(NGAS(-1))	0.045208	0.027823	1.624833	0.1042
DLOG(EUR_USD(-1))	0.055372	0.146657	0.377563	0.7058
DLOG(EUR_3M(-1))	-0.055083	0.241223	-0.228350	0.8194
DLOG(OIL(-1))	-0.232715	0.050666	-4.593109	0.0000
DLOG(AVG_NORTH(-1))	-0.014941	0.093371	-0.160022	0.8729
DLOG(AVG_SOUTH(-1))	-0.074587	0.180274	-0.413741	0.6791
DLOG(TOT(-2))	0.056781	0.053274	1.065838	0.2865
DLOG(COAL(-2))	0.112142	0.104913	1.068898	0.2851
DLOG(NGAS(-2))	0.008849	0.032246	0.274421	0.7838
DLOG(EUR_USD(-2))	0.089400	0.150127	0.595494	0.5515
DLOG(EUR_3M(-2))	-0.039744	0.217670	-0.182590	0.8551
DLOG(OIL(-2))	0.104883	0.050653	2.070621	0.0384
DLOG(AVG_NORTH(-2))	-0.146934	0.087515	-1.678955	0.0932
DLOG(AVG_SOUTH(-2))	0.340401	0.181886	1.871509	0.0613
DLOG(TOT(-3))	0.033951	0.049234	0.689584	0.4905
DLOG(COAL(-3))	-0.015137	0.103047	-0.146897	0.8832
DLOG(NGAS(-3))	0.033724	0.027412	1.230241	0.2186

DLOG(EUR_USD(-3))	0.187264	0.135919	1.377759	0.1683
DLOG(EUR_3M(-3))	0.088964	0.153746	0.578642	0.5628
DLOG(OIL(-3))	-0.107477	0.054307	-1.979075	0.0478
DLOG(AVG_NORTH(-3))	0.015490	0.089691	0.172704	0.8629
DLOG(AVG_SOUTH(-3))	-0.261763	0.165687	-1.579863	0.1141
DLOG(TOT(-4))	-0.094414	0.049789	-1.896276	0.0579
DLOG(COAL(-4))	-0.097915	0.089078	-1.099208	0.2717
DLOG(NGAS(-4))	-0.007972	0.025987	-0.306773	0.7590
DLOG(EUR_USD(-4))	0.072162	0.137000	0.526728	0.5984
DLOG(EUR_3M(-4))	0.047814	0.195172	0.244983	0.8065
DLOG(OIL(-4))	-0.006163	0.055666	-0.110705	0.9119
DLOG(AVG_NORTH(-4))	0.019743	0.103022	0.191638	0.8480
DLOG(AVG_SOUTH(-4))	-0.156780	0.191409	-0.819085	0.4127
DLOG(TOT(-5))	0.015003	0.056746	0.264385	0.7915
DLOG(COAL(-5))	0.118605	0.102823	1.153491	0.2487
DLOG(NGAS(-5))	-0.030848	0.025136	-1.227262	0.2197
DLOG(EUR_USD(-5))	0.203676	0.136438	1.492806	0.1355
DLOG(EUR_3M(-5))	0.089699	0.154416	0.580893	0.5613
DLOG(OIL(-5))	-0.126378	0.052232	-2.419531	0.0155
DLOG(AVG_NORTH(-5))	0.093804	0.091202	1.028532	0.3037
DLOG(AVG_SOUTH(-5))	0.256524	0.194223	1.320772	0.1866
DLOG(TOT(-6))	0.005394	0.050766	0.106257	0.9154
DLOG(COAL(-6))	-0.082231	0.096577	-0.851457	0.3945
DLOG(NGAS(-6))	0.077382	0.030343	2.550216	0.0108
DLOG(EUR_USD(-6))	-0.116773	0.132844	-0.879024	0.3794
DLOG(EUR_3M(-6))	-0.225625	0.110497	-2.041911	0.0412
DLOG(OIL(-6))	0.039883	0.047688	0.836335	0.4030
DLOG(AVG_NORTH(-6))	-0.118659	0.085275	-1.391484	0.1641
DLOG(AVG_SOUTH(-6))	0.342848	0.183059	1.872876	0.0611
DLOG(TOT(-7))	-0.071097	0.028951	-2.455745	0.0141
DLOG(COAL(-7))	0.048311	0.056176	0.860000	0.3898
DLOG(NGAS(-7))	0.026722	0.025311	1.055711	0.2911
DLOG(EUR_USD(-7))	0.042888	0.103701	0.413574	0.6792
DLOG(EUR_3M(-7))	0.078106	0.091443	0.854147	0.3930
DLOG(OIL(-7))	-0.059615	0.053518	-1.113914	0.2653
DLOG(AVG_NORTH(-7))	-0.029240	0.089856	-0.325404	0.7449
DLOG(AVG_SOUTH(-7))	-0.034173	0.156363	-0.218548	0.8270
ECM(-1)	-0.036796	0.067306	-0.546693	0.5846
ECM(-2)	0.106966	0.086750	1.233032	0.2176
ECM(-3)	-0.057297	0.074775	-0.766249	0.4435
ECM(-4)	-0.110653	0.074478	-1.485715	0.1374

ECM(-5)	0.113940	0.079232	1.438047	0.1504
ECM(-6)	-0.069808	0.069290	-1.007472	0.3137
ECM(-7)	0.036353	0.049193	0.738976	0.4599
Variance Equation				
C	6.57E-06	2.71E-06	2.427471	0.0152
<b>RESID(-1)^2</b>	<b>0.224266</b>	<b>0.039088</b>	<b>5.737472</b>	<b>0.0000</b>
<b>GARCH(-1)</b>	<b>0.799543</b>	<b>0.024870</b>	<b>32.14854</b>	<b>0.0000</b>
R-squared	0.128095	Mean dependent var	-0.000892	
Adjusted R-squared	0.028371	S.D. dependent var	0.018814	
S.E. of regression	0.018545	Akaike info criterion	-5.392555	
Sum squared resid	0.222523	Schwarz criterion	-4.916583	
Log likelihood	2021.712	F-statistic	1.284499	
Durbin-Watson stat	2.032928	Prob(F-statistic)	0.062327	

Osservando questo primo modello, si possono trarre alcune osservazioni di carattere generale:

- Le componenti GARCH e RESID<sup>2</sup> stimate hanno una Prob pari a 0 quindi sono da considerare significative senza ombra di dubbio
- L'algoritmo utilizzato per approssimare i risultati ( che aggiusta i coefficienti dei regressori finché la log-verosimiglianza aumenta) utilizza 145 iterazioni per raggiungere la convergenza ai fini di minimizzare l'errore e raggiungere la massima verosimiglianza.<sup>47</sup>
- R e R<sup>2</sup> sono molto bassi.
- Prob(F-statistic) è sopra il 5%.

<sup>47</sup> Modelli GARCH multivariate con correlazione condizionata dinamica, Enrico Baggio, 2002

## Appendice G: Cross correlogrammi

La prima colonna evidenzia la correlazione tra la variabile Dlog(ETS) al tempo attuale e DLOG(TOT) ritardato di  $i$  periodi a seconda del ritardo di riferimento. La seconda colonna invece, confronta Dlog(ETS) al tempo attuale e DLOG(TOT) proiettata nel futuro di  $i$  periodi.

### Dlog (ETS), Dlog (tot)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_TOT(-i)	DLOG_ETS,DLOG_TOT...	i	lag	lead
		0	0.0321	0.0321
		1	0.0335	-0.0460
		2	0.0775	0.0249
		3	0.0197	-0.0854
		4	0.0132	0.0953
		5	-0.0606	0.0162
		6	0.0002	0.1143
		7	-0.0449	-0.0460
		8	0.0570	0.0064
		9	-0.0037	-0.0785
		10	0.0596	0.0302

Risultato: Nessuna evidente correlazione.

### Dlog (ETS), Dlog (Euribor 3m)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_EUR...	DLOG_ETS,DLOG_EUR...	i	lag	lead
		0	-0.0307	-0.0307
		1	-0.0286	-0.0155
		2	0.0131	0.0194
		3	0.0291	0.0085
		4	-0.0507	0.0842
		5	0.0077	-0.0050
		6	-0.0553	0.0347
		7	-0.0685	0.0503
		8	-0.0208	0.0283
		9	0.0329	-0.0291
		10	0.0007	0.0169

Risultato: Nessuna evidente correlazione.

### Dlog (ETS), Dlog (Euro dollaro)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_EUR...	DLOG_ETS,DLOG_EUR...	i	lag	lead
		0	0.2196	0.2196
		1	0.0153	-0.0635
		2	0.0470	0.0004
		3	0.0192	-0.0103
		4	0.0510	0.0255
		5	-0.0413	-0.0264
		6	-0.0020	0.0341
		7	-0.0242	0.0555
		8	-0.0017	-0.0360
		9	-0.0230	-0.0480
		10	-0.0219	-0.0114

Risultato: elevata correlazione tra i valori contemporanei.

### Dlog (ETS), Dlog (oil)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_OIL(-i)	DLOG_ETS,DLOG_OIL(+i)	i	lag	lead
		0	0.1724	0.1724
		1	-0.0623	-0.0070
		2	0.0288	0.0190
		3	-0.0206	0.0611
		4	0.0093	0.0011
		5	0.0065	-0.0398
		6	0.0519	0.0369
		7	-0.0527	0.0184
		8	-0.0173	-0.0663
		9	-0.0116	-0.0291
		10	-0.0399	0.0011

Risultato: elevata correlazione tra i valori contemporanei.

### Dlog (ETS), Dlog (coal)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_CO...	DLOG_ETS,DLOG_CO...	i	lag	lead
		0	0.2620	0.2620
		1	-0.0654	0.0168
		2	0.0070	-0.0568
		3	-0.0031	0.0174
		4	0.0439	-0.0226
		5	-0.0015	-0.0133
		6	0.0180	0.0049
		7	-0.0004	0.0558
		8	0.0256	0.0163
		9	0.0395	-0.0381
		10	0.0038	0.0080

Risultato: elevata correlazione tra i valori contemporanei.

### Dlog (ETS), Dlog (ngas)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_NG...	DLOG_ETS,DLOG_NG...	i	lag	lead
		0	-0.0110	-0.0110
		1	0.0509	0.0201
		2	-0.0289	0.0366
		3	0.0590	-0.0115
		4	-0.0007	-0.0017
		5	0.0103	-0.0117
		6	0.0304	-0.0271
		7	0.0208	-0.0486
		8	0.0015	0.0125
		9	0.0321	0.0054
		10	-0.0061	0.0075

Risultato: Nessuna evidente correlazione.

### Dlog (ETS), Dlog (avg north)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_AV...	DLOG_ETS,DLOG_AV...	i	lag	lead
		0	-0.0102	-0.0102
		1	-0.0153	-0.0089
		2	-0.0201	0.0267
		3	-0.0127	-0.0184
		4	0.0393	-0.0183
		5	-0.0072	-0.0009
		6	-0.0098	-0.0074
		7	-0.0251	-0.0694
		8	0.0329	0.0128
		9	0.0346	0.0800
		10	0.0744	0.0402

Risultato: Nessuna evidente correlazione.

### Dlog (ETS), Dlog (avg south)

Sample: 1/01/2010 12/31/2011

Included observations: 729

Correlations are asymptotically consistent approximations

DLOG_ETS,DLOG_AV...	DLOG_ETS,DLOG_AV...	i	lag	lead
		0	0.0089	0.0089
		1	-0.0249	0.0188
		2	-0.0269	0.0063
		3	-0.0503	-0.0213
		4	-0.0131	0.0252
		5	0.0382	0.0113
		6	0.0564	-0.0661
		7	-0.0189	-0.0194
		8	0.0191	0.0066
		9	0.0225	0.0383
		10	0.0399	0.0345

Risultato: Nessuna evidente correlazione.

## Appendice H: Test di eteroschedasticità di White

A titolo di esempio per i vari test effettuati su molteplici varianti del modello dinamico, creatasi in seguito alla inclusione-esclusione dei regressori, si riporterà quello relativo al modello dinamico saturo.

White Heteroskedasticity Test:

---

---

F-statistic	1.284059	Probability	0.024986
Obs*R-squared	172.9155	Probability	0.039632

---

---

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 20/01/13 Time: 19:05

Sample: 9/01/2010 31/12/2011

Included observations: 722

---

---

R-squared	0.239495	Mean dependent var	0.000276
Adjusted R-squared	0.052981	S.D. dependent var	0.001057
S.E. of regression	0.001029	Akaike info criterion	-10.74499
Sum squared resid	0.000613	Schwarz criterion	-9.837466
Log likelihood	4021.940	F-statistic	1.284059
Durbin-Watson stat	2.002769	Prob(F-statistic)	0.024986

---

---

A seguito del test, effettuato sul modello dinamico, è possibile accettare l'ipotesi nulla di eteroschedasticità degli errori.

Il metodo OLS mantiene comunque le proprietà di correttezza, consistenza e distribuzione normale asintotica ma non è più asintoticamente efficiente e dunque la varianza degli errori non è la più minima possibile, nemmeno prendendo un campione teoricamente infinito di osservazioni.

## Appendice I: Modello ARMA (p,q)

Il processo ARMA (p,q) è composto da una componente auto regressiva (AR di ordine  $p$ ) e un'altra relativa alla media mobile (MA di ordine  $q$ ).

Considerando le due componenti si avrà:

$$AR(p) \rightarrow X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-1} + \varepsilon_t$$

e

$$MA(q) \rightarrow X_t = \mu + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Sino ad arrivare a:

$$ARMA(p,q) \rightarrow X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-1} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dove:  $\varphi_1, \dots, \varphi_p$  sono i coefficienti relativi alla componente auto regressiva,

$\theta_1, \dots, \theta_q$  sono i coefficienti relativi alla componente “media mobile”

$c$  è la costante

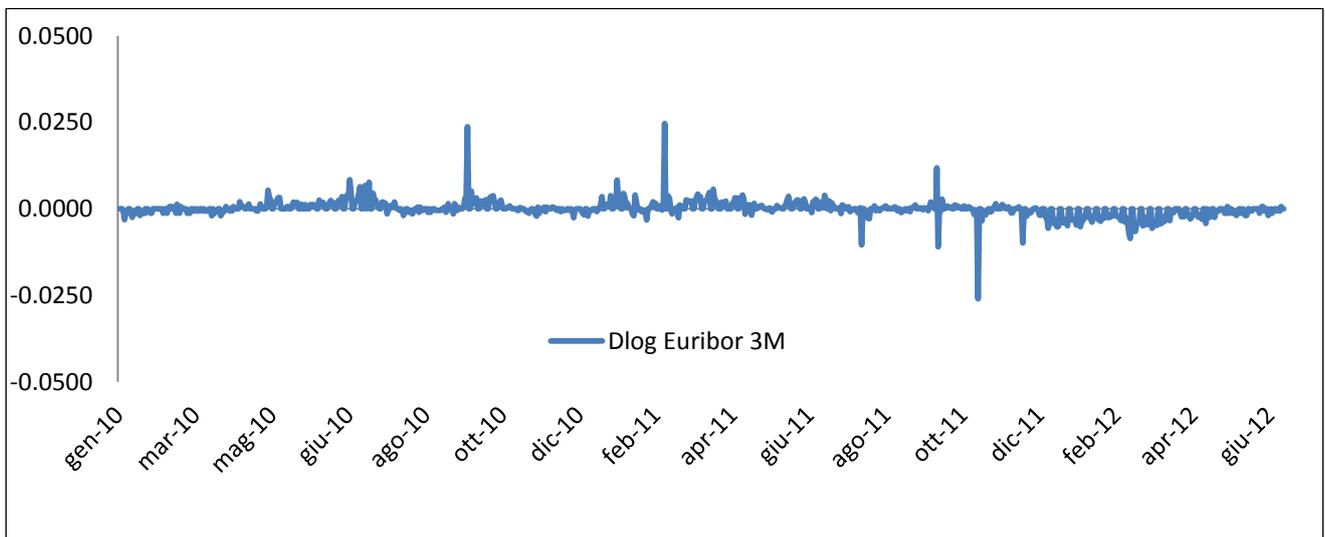
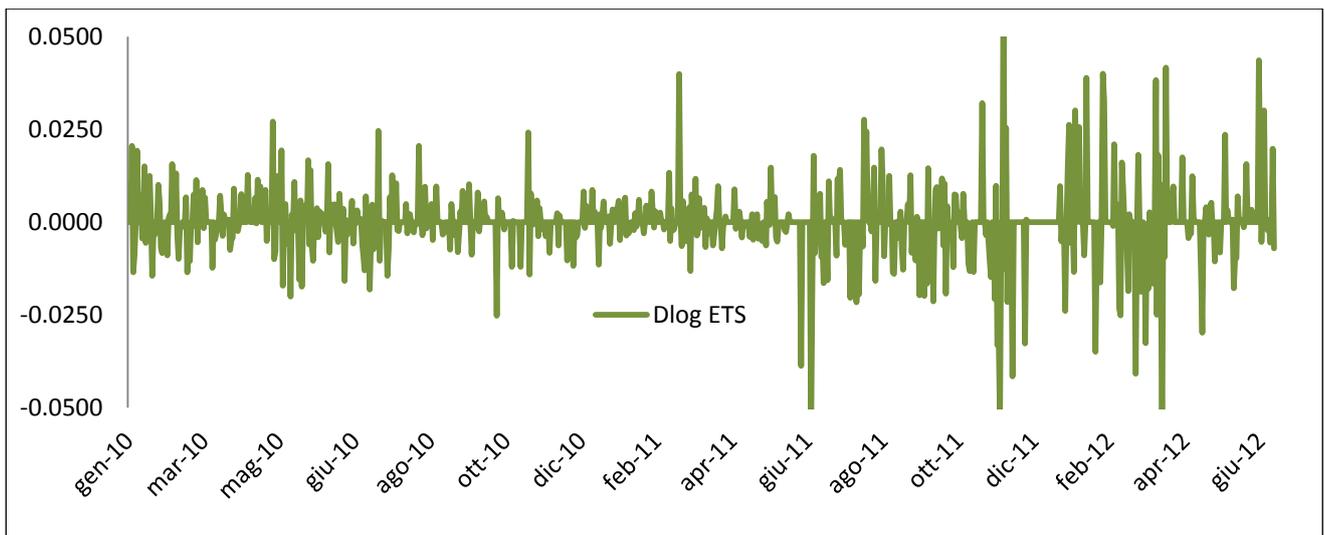
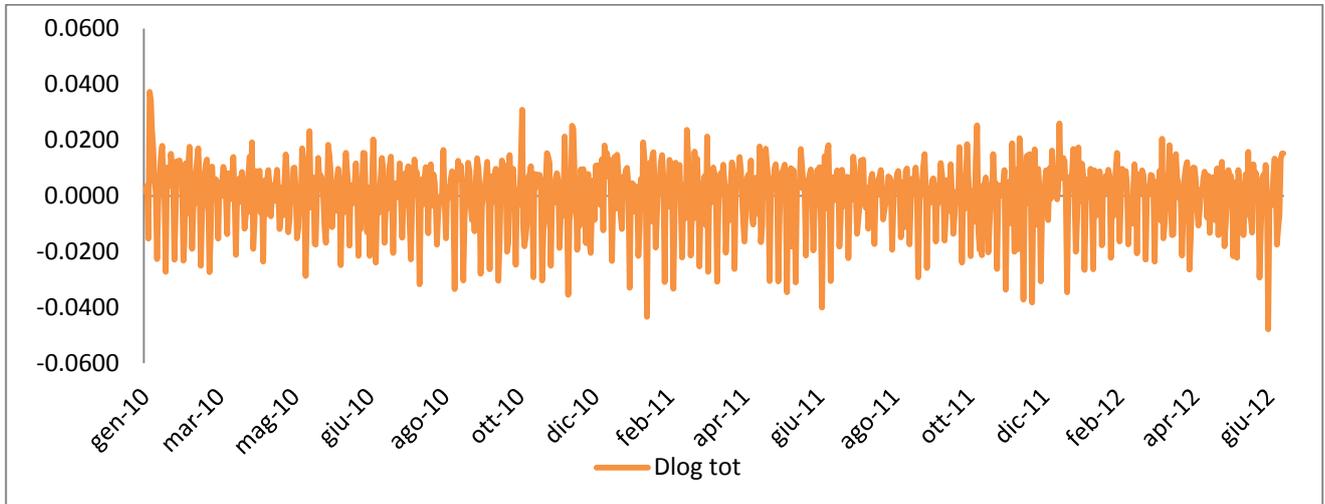
$\varepsilon_t$  l'errore casuale, segue un processo  $N(0, \sigma^2)$

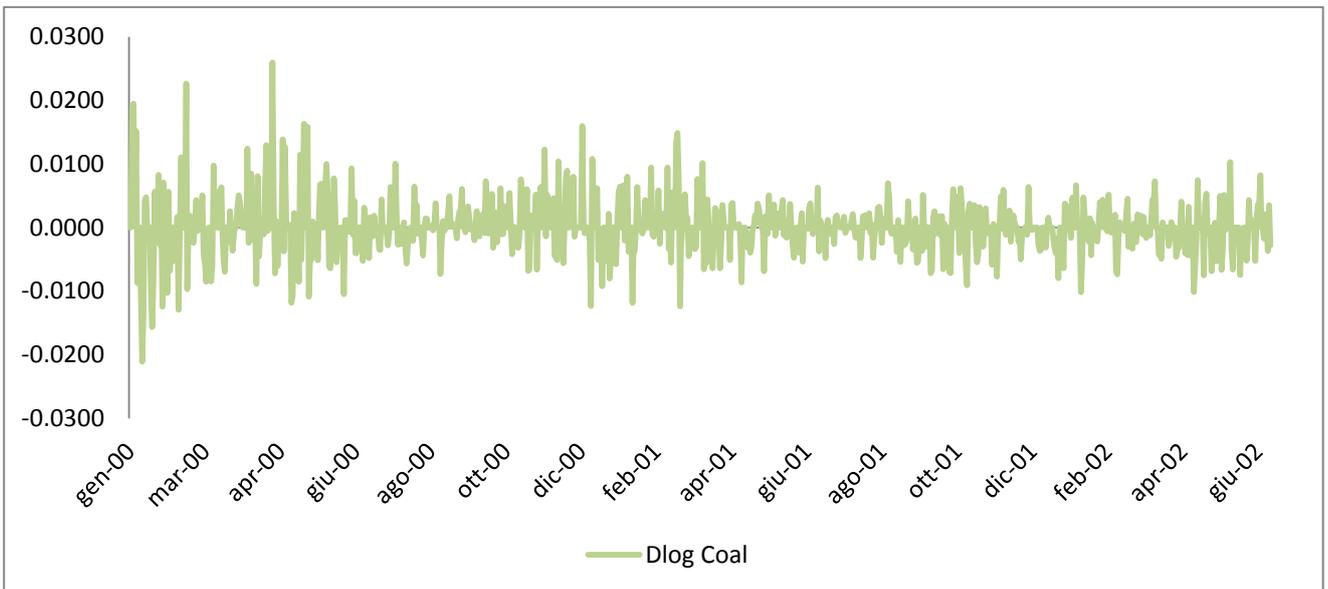
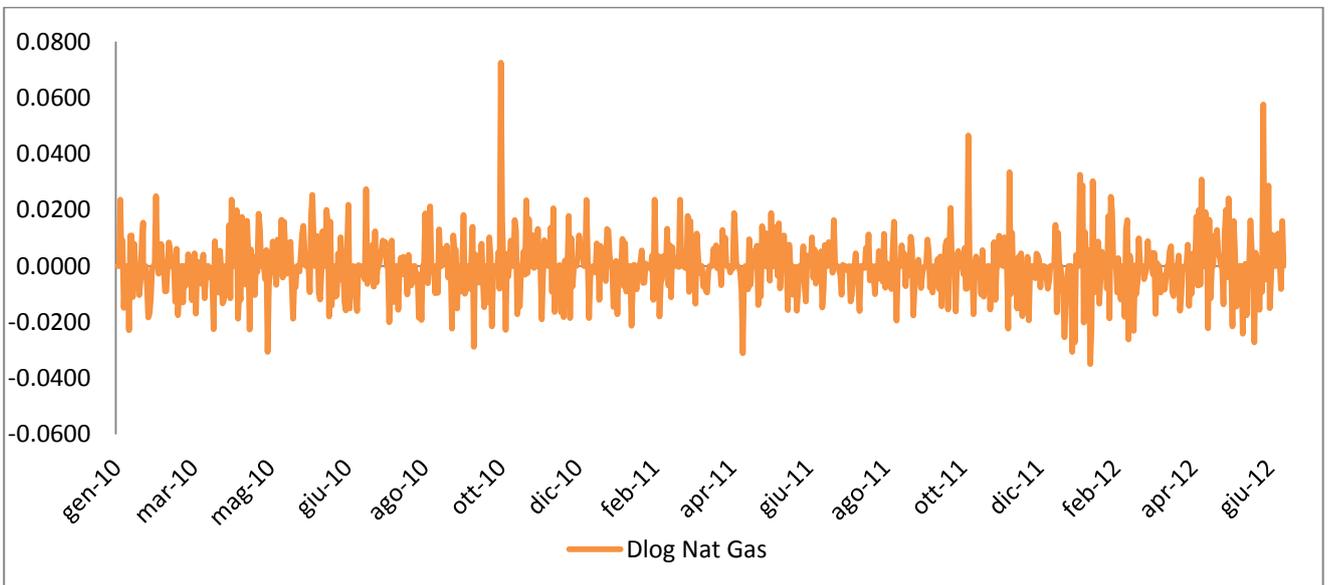
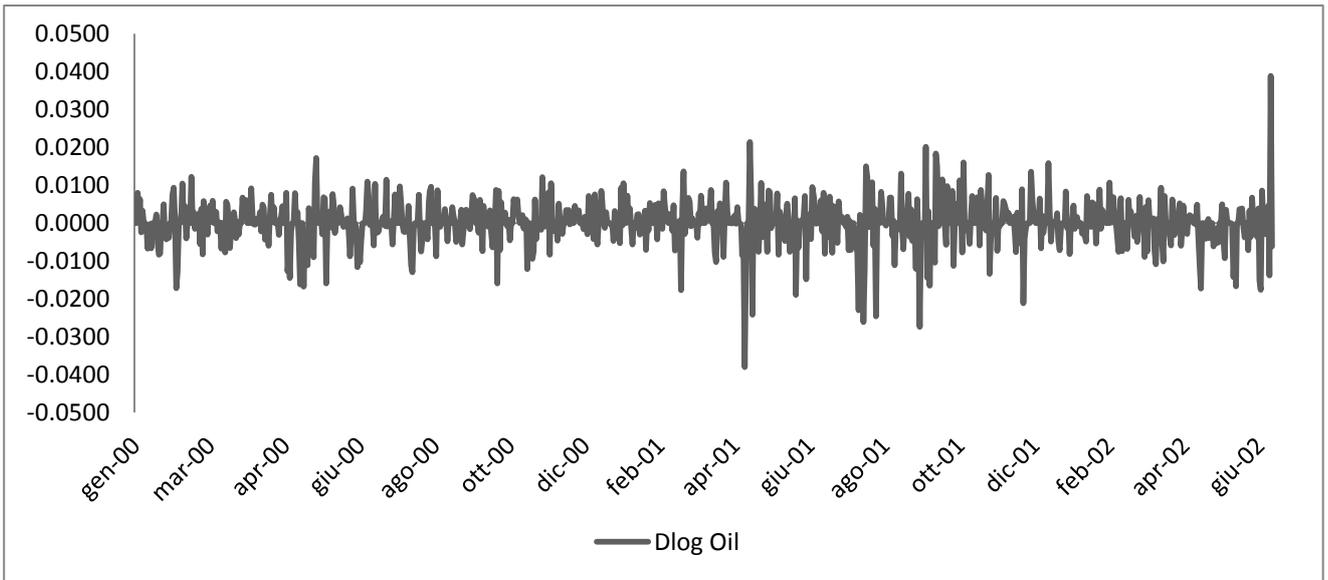
Sostituendo  $\sigma_t^2$  a  $X_t$  e  $\varepsilon_t^2$  a  $\varepsilon_t$  si ottiene il modello GARCH(p,q) sopra citato.

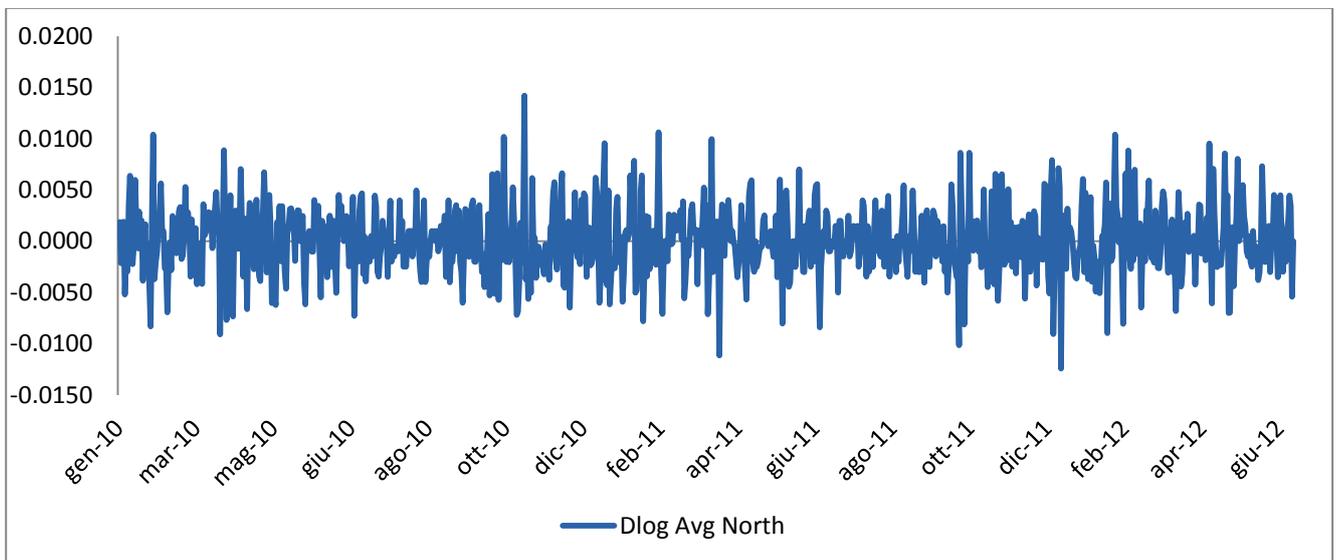
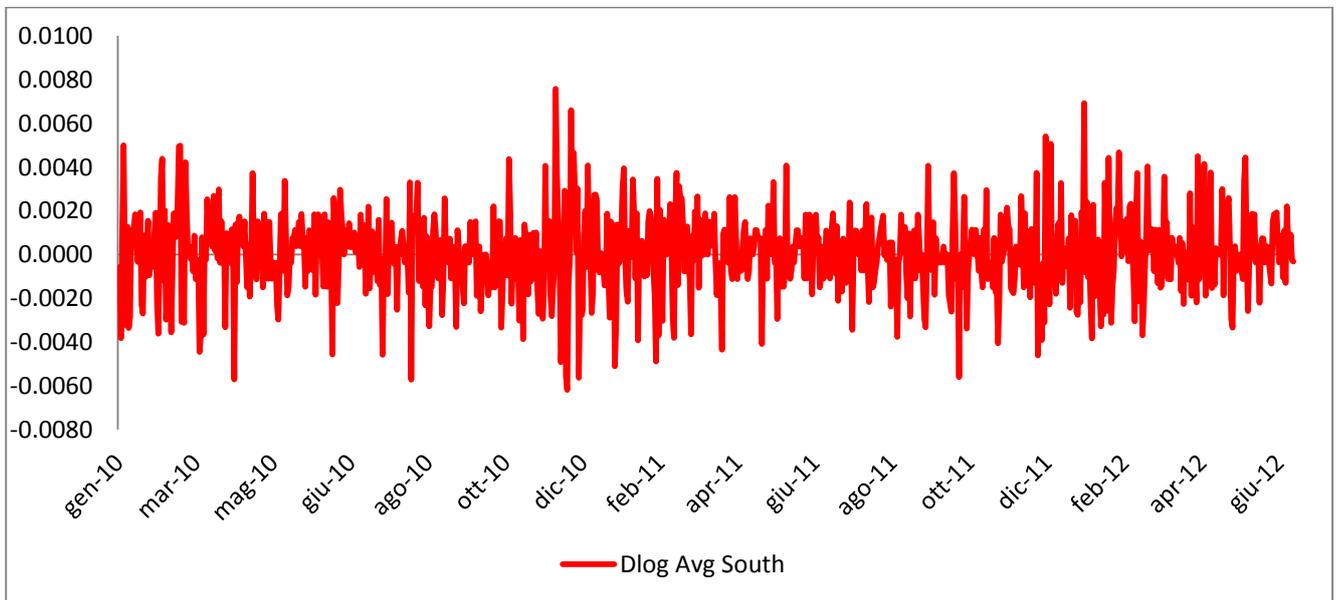
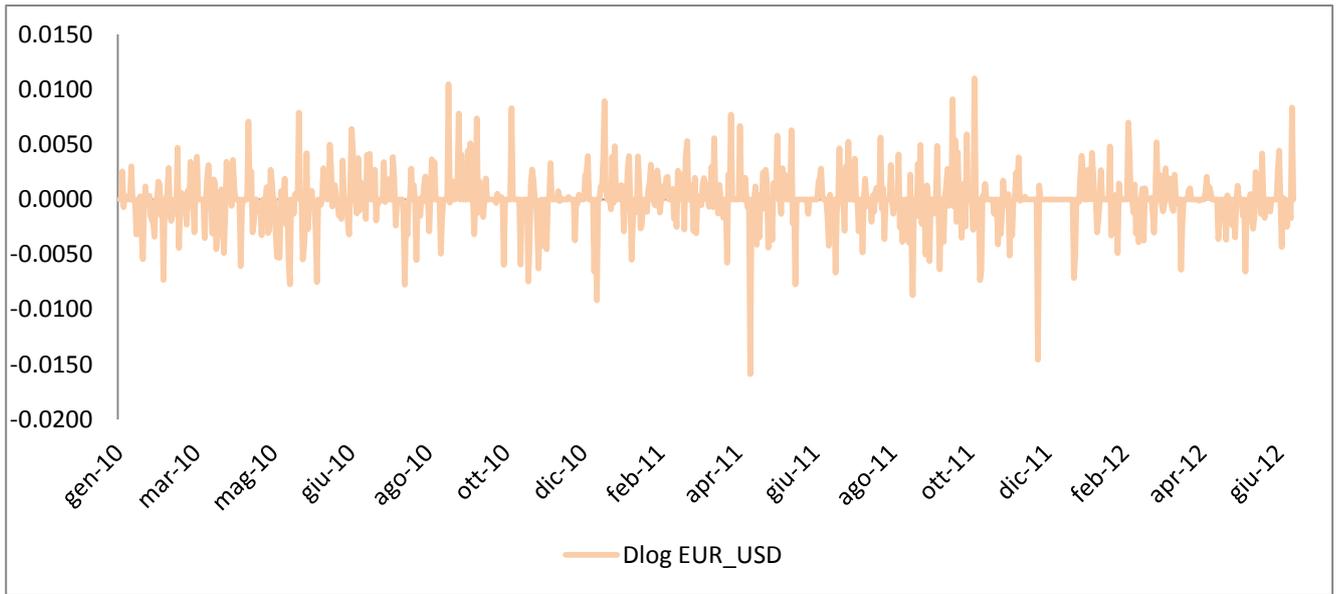
$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \sigma_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-1}^2 + \varepsilon_t$$

## Appendice L: Grafici Supplementari

Si riportano, ai fini di completezza di informazione, le rappresentazioni grafiche delle serie differenziate utilizzate nella regressione dinamica.







## Bibliografia e fonti dei dati

### Serie storiche:

- EU ETS, Ticker Bloomberg: EUETSYR1
- EUR-USD, Ticker Bloomberg: EURUSD Curney
- NGAS: Natural Gas (NG01) Front Contract, 1990 – present  
Source: Wikiposit Open Data via wikiposit.org
- COAL, Merrill lynch coal spot index, Ticker Bloomberg: MLCXEUCS Index
- EUR 3M, Euribor 3 Mesi, Ticker Bloomberg: EUR003M:IND
- OIL, Bloomberg European Brent/BFO 25-Day Forward Crude Oil Spot Price, Ticker: EUCRBRN1:IND
- AVG South, media aritmetica delle temperature in °K delle città: Roma, Palermo, Milano, Madrid. Fonte: Bloomberg Weather
- AVG North, media delle temperature in °K delle città: Parigi, Amsterdam, Londra.  
Fonte: Bloomberg Weather

### Bibliografia:

- Assunção L., Garcia B., (2002), Trade and Investment Implications of the Kyoto Protocol
- Baggio E., (2002), Tesi di laurea. Modelli GARCH multivariate con correlazione condizionata dinamica. Facoltà di scienze statistiche, Università degli Studi di Padova.
- Brohe A., Eyre N., Howarth N., (2009), Carbon markets : an international business guide, London : Earthscan.
- Cappuccio-Orsi (2005), Econometria, Il Mulino
- Carraro C., Favero A., (2009) The Economic and Financial Determinants of Carbon Prices.
- Chevallier J., The European carbon market (2005-2007): Banking, pricing and risk-hedging strategies, (Université Paris Dauphine)
- Clarke R., (1995) Controlling carbon dioxide emissions: the tradeable permit system. United Nations, Geneva.
- Engle R, Granger C, (1987), Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing, Econometrica 55
- Grubb M., Vrolijk C., Brack D., (1999), The Kyoto Protocol: A Guide and Assessment, Earthscan

- Johnson J. (2001), *Econometrica*, McGraw-Hill
- Koop G., Tole L., (2011), *Forecasting the european carbon market*. Department of economics university of Strathclyde Glasgow.
- Novak M. H., Tanizaki J., Badiani R., (2005) *Kyoto Protocol and Beyond: The Economic Cost to Italy*, International Council for Capital Formation.
- Takeshi Y. (2010), *Zero-Carbon Energy Kyoto 2009 : proceedings of the First International Symposium of Global COE Program "Energy Science in the Age of Global Warming - Toward CO<sub>2</sub> Zero-emission Energy System"*, Tokyo: Springer
- Verbeek M. (2012), *A guide to modern econometrics*, Wiley & Sons Ltd.
- Zhang Z., (2001) *Meeting the Kyoto Targets: The Importance of Developing Country Participation*, Faculty of Economics and Faculty of Law University of Groningen, The Netherlands. FEEM

**Leggi, trattati e report relativi alle conferenze sul clima:**

- Deliberazione n. 27/2012 recante gli adempimenti di cui al Regolamento N. 601/2012. (Allocazione emissioni per il 2013-2020)
- Direttiva 2009/29/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 (relativa alla terza fase del protocollo)
- EPA (2010). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008. Annex 2 (Methodology for estimating CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion)*, P. A-75. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. U.S. EPA #430-R-10-006
- *Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change*, (1998) United Nations.
- Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di CO<sub>2</sub> (pdf, 674 KB). 18 dicembre 2006, Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e il Ministro dello Sviluppo Economico tramite decreto DEC/RAS/1448/2006 (pdf, 81 KB).
- *Report of the Conference of the Parties, 15esima sessione tenuto a Copenhagen del 7 al 19 dicembre 2009*, UNFCCC.

## **Ringraziamenti**

*Giunti alla fine di un percorso, c'è sempre qualcuno da ringraziare per avermi aiutato a portare a termine il viaggio o, se non altro, per la compagnia.*

*Per citarne alcuni, senza voler fare un torto agli altri, vorrei indirizzare un ringraziamento particolare a:*

*Silvia, per l'inattaccabile costanza nel supportarmi (e sopportarmi). Sebbene la distanza fosse molta, non ha mai smesso un secondo di essermi vicina.*

*I miei genitori, Ennio e Silvana, che hanno anteposto ancora una volta la mia formazione, le mie aspettative e il mio futuro a tutto il resto. Anche se... vi è comunque da riconoscere che è difficile formulare delle obiezioni credibili con la bocca piena di Buonissima Cioccolata Svizzera.*

*Enrico, Gabriella e Fedora, per avermi accolto, senza esitare, come membro aggiuntivo della loro famiglia e per aver sempre pensato che, un giorno o l'altro, qualcosa di buono nella vita lo avrei combinato.*

*Emanuele, il quale non mi ha mai negato un consiglio econometrico, né un cappuccino, nel momento del bisogno.*

*Federico che, nonostante le ripetute "scherzose" minacce di sostituirmi con un(a) nuovo(a) stagista, ha creduto sin dal principio nelle mie capacità.*

*Elena, per il fondamentale aiuto durante la revisione della tesi. Mai visti così tanti commenti in una sola pagina.*

*Ringrazio inoltre la prof.ssa Monica Billio, per avermi guidato pazientemente e saggiamente nella stesura della tesi.*

*Riguardo tutti gli altri che non ho espressamente citato, non me ne vogliate, avete comunque tutta la mia gratitudine.*