

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένης Οικονομικής  
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

**«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΗ  
ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ»**

**Μιλτιάδης Νικολάου Φαναριώτης**

**Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής  
Γεώργιος Εμμανουήλ Χάλκος**

**Βόλος 2010**

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

(άρθρο 8 Ν.1599/1986)

Η ακρίβεια των στοιχείων που υποβάλλονται με αυτή τη δήλωση μπορεί να ελεγχθεί με βάση το αρχείο άλλων υπηρεσιών (άρθρο 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986)

ΠΡΟΣ <sup>(1)</sup> :									
Ο – Η Όνομα:	Μιλτιάδης		Επώνυμο:	Φαναριώτης					
Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:	Νικόλαος Φαναριώτης								
Όνομα και Επώνυμο Μητέρας:	Ουρανία Φαναριώτη								
Ημερομηνία γέννησης <sup>(2)</sup> :	Εννέα Δεκεμβρίου Χίλια Εννιακόσια Εξήντα Έξι (09.12.1966)								
Τόπος Γέννησης:	Λάρισα								
Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:	AZ 282948		Τηλ:	24210 51803					
Τόπος Κατοικίας:	Βόλος		Οδός:	Σταθά		Αριθ:	155	TK:	38221
Αρ. Τηλεομοιοτύπου (Fax):			Δ/ση Ηλεκτρ. Ταχυδρομείου (Email):						

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(3)</sup>, που προβλέπονται από τις διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. –

Βόλος -- / -- / 2010  
Ο Δηλών

(Υπογραφή)

(1) Αναγράφεται από τον ενδιαφερόμενο πολίτη ή Αρχή ή η Υπηρεσία του δημόσιου τομέα, που απευθύνεται η αίτηση.

(2) Αναγράφεται ολογράφως.

(3) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

(4) Σε περίπτωση ανεπάρκειας χώρου η δήλωση συνεχίζεται στην πίσω όψη της και υπογράφεται από τον δηλούντα ή την δηλούσα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μιας προσπάθειας που ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2008. Στη διάρκεια των δύο ετών που μεσολάβησαν, αρωγοί στην προσπάθεια αυτή στάθηκαν το σύνολο του διοικητικού και επιστημονικού δυναμικού του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένης Οικονομικής του Οικονομικού τμήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η δομή και λειτουργία του προγράμματος, προάγουν τη μόρφωση και τα ακαδημαϊκά ήθη, τοποθετώντας το ανάμεσα στα αξιολογότερα στην Ελλάδα, ανεξαρτήτως αντικειμένου. Θεωρώ τον εαυτό μου τυχερό που μου δόθηκε η ευκαιρία να το παρακολουθήσω από τα πρώτα του βήματα. Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή της παρούσας εργασίας κ. Χάλκο Γεώργιο, αφενός για το χρόνο που διέθεσε στην καθοδήγηση της έρευνας και τις υποδείξεις του και αφετέρου για τη συνολική υποστήριξη που παρείχε σε μένα αλλά και σε όλους τους συναδέλφους από την αρχή του προγράμματος.

Τέλος, αφιερώνω τη παρούσα εργασία στη Φρίντα, τον Νικόλα και την Ιωάννα, για τον ιδιαίτερο τρόπο με τον οποίο αντιμετώπισαν και στήριξαν αυτή την προσπάθεια, όλοι μαζί και ο καθένας ξεχωριστά.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Κεφάλαιο 1</b>	<b>5</b>
<b>Εισαγωγή</b>	<b>5</b>
1.1. Η Ρύπανση του Περιβάλλοντος	5
1.2. Ατμοσφαιρική Ρύπανση και $SO_2$	6
1.3. Οξίνη βροχή και διασυνοριακή ρύπανση	8
1.4. Η περιβαλλοντική καμπύλη Κουζνέτς (Environmental Kuznets Curve EKC)	10
1.5. Στόχοι, προσφορά και διάρθρωση της έρευνας	11
<b>Κεφάλαιο 2</b>	<b>14</b>
<b>Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	<b>14</b>
<b>Κεφάλαιο 3</b>	<b>23</b>
<b>Δεδομένα</b>	<b>23</b>
3.1. Πληθυσμιακά στοιχεία	23
3.2. Κατά κεφαλή εκπομπές $SO_2$ ( $Sc$ )	23
3.3. Κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ( $GDPc$ )	24
3.4. Εθνικές και διεθνείς νομοθεσίες και κανονισμοί (Regulations REG)	25
<b>Κεφάλαιο 4</b>	<b>38</b>
<b>Μεθοδολογία Έρευνας</b>	<b>38</b>
4.1. Το υπόδειγμα EKC	38
4.2. Διαγνωστικοί έλεγχοι δεδομένων	39
4.3. Εξειδίκευση του υποδείγματος	52
4.3.1. Pooled και Panel δεδομένα	54
4.3.2. Σταθερές και τυχαίες επιδράσεις (fixed και random effects)	55
4.4. Διαγνωστικοί έλεγχοι των καταλοίπων	56
4.5. Έλεγχος ορθής εξειδίκευσης του υποδείγματος και κανονικότητας των καταλοίπων	63
<b>Κεφάλαιο 5</b>	<b>67</b>
<b>Εμπειρικά αποτελέσματα</b>	<b>67</b>
5.1. Η επίδραση των μεταβλητών $LGDPc$ και $LGDPc^2$	67
5.2. Η επίδραση των μεταβλητών $REGyr$	69
5.3. Η επίδραση της χρονικής τάσης	73
5.4. Ανεξάρτητες χώρες	79
5.5. Συζήτηση – Σχόλια	95
5.5.1. Η ομάδα των Δ.Ε. χωρών (panel EGLS Cross-section random effects)	95
5.5.2. Μεμονωμένες χώρες (Maximum Likelihood – ARCH)	100
<b>Κεφάλαιο 6</b>	<b>105</b>
<b>Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα</b>	<b>105</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>109</b>
<b>Παραρτήματα</b>	<b>114</b>
Παράρτημα 1: Δεδομένα: εκπομπών $SO_2$ ( $S$ ), ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος ( $GDP$ ), πληθυσμού( $P$ ) και κατά κεφαλή ποσότητες	115
Παράρτημα 2: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές $SO_2$	116
Πίνακας 1: Κρίσιμα Ευρωπαϊκά νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές $SO_2$	116
Πίνακας 2: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές $SO_2$ στο Ηνωμένο Βασίλειο	119

## ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΗ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σύγχρονες ανησυχίες σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη, αποτέλεσαν το έναυσμα για την μελέτη της σχέσης περιβαλλοντικής υποβάθμισης - εισοδήματος, με τη βοήθεια της υπόθεσης *Kuznets (EKC)*, σύμφωνα με την οποία η περιβαλλοντική υποβάθμιση στα πρώτα στάδια της οικονομικής ανάπτυξης αυξάνεται μαζί με το κατά κεφαλή εισόδημα έως ένα κρίσιμο σημείο (σημείο καμπής), από το οποίο και μετά αρχίζει να μειώνεται. Το απαίδευτο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη μπορεί από μόνη της να αποτρέψει την περιβαλλοντική καταστροφή, παρ' όλη την ελκυστικότητά του, απέχει πολύ από την πραγματικότητα με βάση τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα. Επιπλέον, αδυναμίες στις χρησιμοποιούμενες οικονομετρικές τεχνικές, σπέρνουν αμφιβολίες τόσο για τα ίδια τα αποτελέσματα όσο και για τα εξαγόμενα συμπεράσματα. Στην παρούσα εργασία, εξετάζεται η επίδραση της περιβαλλοντικής Ευρωπαϊκής πολιτικής στις εκπομπές  $SO_2$ , με τη χρήση της τεχνικής *Panel data analysis*, για 12 αναπτυγμένες χώρες της Δυτικής Ευρώπης από το 1870 έως το 2002. Για την συνεπή εκτίμησή ενός ορθά εξειδικευμένου υποδείγματος, πραγματοποιήθηκαν όλοι οι κατάλληλοι οικονομετρικοί έλεγχοι. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ύπαρξη της *EKC* σχέσης, καθώς και την σημασία της πολιτικής στην εξασφάλιση της ύπαρξής της. Τέλος επιβεβαιώνεται η ευαισθησία των αποτελεσμάτων – συμπερασμάτων, στην χρησιμοποιούμενη κάθε φορά βάση δεδομένων και στη μέθοδο εκτίμησης της, υπό έρευνα σχέσης.

**Λέξεις κλειδιά:** *EKC*, περιβάλλον, ατμοσφαιρική ρύπανση, εκπομπές  $SO_2$ , *panel data*, νομοθεσία

**Κωδικοί JEL:** C01, C23 Q53, Q56, Y40

## ECONOMIC GROWTH AND TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION IN EUROPE

### ABSTRACT

The current concern about sustainable development has triggered the exploration of the relationship between environmental degradation and income, the so called Environmental Kuznets Curve (*EKC*). According to the *EKC* theory, environmental degradation picks up in the early days of development, while it starts diminishing once income has reached a certain point (turning point) and beyond. The rash conclusion that development in the form of per capita income alone can lead to environmental improvement, is far from being established according to the recent research. Further more, difficulties in handling data and econometric techniques have shed doubt on the results as well as on their interpretation. This dissertation examines the impact of European Unions legislation on sulfur emissions for twelve developed Western European countries since 1870 and up to 2002, using panel data techniques. A consistent estimation of the proposed model has been accomplished through appropriate econometric tests. The results are in favor of the existence of an *EKC* relationship for sulfur as well as the importance of regulation in ensuring its presence. Last but not least, the result–interpretations sensitivity in data and estimation techniques used, is confirmed for the above described relationship.

**Key words:** *EKC*, environment, air pollution,  $SO_2$  emissions, *panel data*, legislation

**JEL codes:** C01, C23 Q53, Q56, Y40

## Κεφάλαιο 1

### Εισαγωγή

#### 1.1. Η Ρύπανση του Περιβάλλοντος

Η οικονομική ανάπτυξη σαν παραγωγική διαδικασία είναι συνυφασμένη με την υποβάθμιση της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος. Η υποβάθμιση αυτή έρχεται σαν συνέπεια των αυξημένων ρύπων που εκπέμπονται είτε από τη βιομηχανία είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες που αν και δεν σχετίζονται άμεσα με την παραγωγή, λειτουργούν ως κινητήρια δύναμη της ανάπτυξης (μεταφορές, κατανάλωση).

Ως ρύπανση ορίζεται εκείνη η κατάσταση κατά την οποία ορισμένα στοιχεία που εκπέμπονται και συσσωρεύονται στο περιβάλλον είναι είτε επιβλαβή για τους έμβιους οργανισμούς είτε ανεπιθύμητοι λόγω των εμποδίων που παρουσιάζουν στην αξιοποίηση του περιβάλλοντος για κοινωνικούς ή οικονομικούς σκοπούς (Βλάχου, 2002). Οι επιπτώσεις της ρύπανσης είναι και οικονομικές και βιοτικές.

Η ρύπανση επηρεάζει έμμεσα τα αποτελέσματα των επιχειρήσεων. Αποτελεί μια αρνητική «εξωτερικότητα» (Varian, 2006), η οποία πρέπει να αντιμετωπιστεί είτε ως εισροή είτε ως εκροή στη συνάρτηση παραγωγής της οικονομίας. Η εσωτερίκευση των εξωτερικών επιδράσεων που προκαλεί η ρύπανση, αναπόφευκτα οδηγεί σε αύξηση του κόστους που αντιμετωπίζουν οι παραγωγικοί κλάδοι και που μετακυλιέται στους καταναλωτές μέσω της τιμολογιακής πολιτικής των επιχειρήσεων, μειώνοντας την ευημερία τους από την κατανάλωση αγαθών.

Οι βιοτικές επιπτώσεις σχετίζονται με την ποιότητα ζωής που απολαμβάνουν οι πολίτες, είτε μέσω της αναψυχής είτε μέσω της υγιεινής διαβίωσης στους χώρους εργασίας ψυχαγωγίας και διαμονής, μειώνοντας περεταίρω την κοινωνική ευημερία.

Η εσωτερίκευση των εξωτερικών επιδράσεων της ρύπανσης αλλά και οι κοινωνικές επιπτώσεις αυτής, απαιτούν τον έλεγχο της με απώτερο σκοπό είτε την εξάλειψή της, είτε τον περιορισμό της, με κριτήρια την οικονομική ή παραγωγική αποτελεσματικότητα. Το ζήτημα όμως της αντιμετώπισης της ρύπανσης περιπλέκεται περεταίρω λόγω του γεγονότος ότι ενώ τα κράτη είναι οριοθετημένα, η ρύπανση δεν είναι και μεταφέρεται από κράτος σε κράτος μέσω του αέρα ή των υδάτινων οδών.

## 1.2. Ατμοσφαιρική Ρύπανση και $SO_2$

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από το φυσιολογικό, οι οποίες διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι πηγές ρύπανσης ανήκουν σε δύο κατηγορίες. Στις ανθρωπογενείς (βιομηχανική και αστική ρύπανση), δηλαδή εκείνες που οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα (αυτοκίνητα, θέρμανση, βιομηχανία, φυτοφάρμακα, σπρέι κλπ) και στις φυσικές, δηλαδή εκείνες που οφείλονται στη φυσική δραστηριότητα (ηφαίστεια, ηλεκτρικές εκκενώσεις κλπ). Κατά κανόνα προκαλούν βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και στην οικονομική δραστηριότητα (Βλάχου, 2002).

Οι σημαντικότεροι αέριοι ρυπαντές που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι οι ακόλουθοι (Mylona 1999):

- Τα οξείδια του Θείου όπως το διοξείδιο του Θείου ( $SO_2$ ) και το τριοξείδιο του Θείου ( $SO_3$ ), το θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ), σουλφίδια όπως το διμεθυλοσουλφίδιο ( $DMS$  ή  $CH_3SCH_3$ ) και το υδρόθειο ( $H_2S$ ).
- Τα οξείδια του Αζώτου ( $NO_x$ ) όπως το μονοξείδιο ( $NO$ ) και το διοξείδιο ( $NO_2$ ) καθώς και η Αμμωνία ( $NH_3$ ).
- Το μεθάνιο ( $CH_4$ ) καθώς και λοιποί πτητικοί υδρογονάνθρακες ( $NMVOCS$ ).
- Το μονοξείδιο του Άνθρακα ( $CO$ ).
- Ανθεκτικές οργανικές ενώσεις ( $POPs$ ) σε χημικές βιολογικές και φωτολυτικές διεργασίες αποσύνθεσης.
- Βαριά μέταλλα ( $HMs$ ) όπως κάδμιο ( $Cd$ ), φώσφορος ( $Hg$ ) και μόλυβδος ( $Pb$ ) προσροφημένα σε αιωρούμενα σωματίδια.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια ( $PM_{10}$  και  $PM_{2,5}$ )
- Το όζον ( $O_3$ ) που είναι δευτερογενούς προέλευσης ρυπαντής.

Η διάρκεια ζωής των αέριων ρύπων κυμαίνεται από κάτι λιγότερο από μια μέρα έως και μερικές δεκαετίες (π.χ. χλωροφθοράνθρακες). Η συμπεριφορά τους καθορίζεται από τις καιρικές συνθήκες, το ύψος, τη σύνθεση και τη θερμοκρασία τους. Ακόμη και στην περίπτωση μικρής διάρκειας ζωής, οι άνεμοι είναι δυνατό να μεταφέρουν τους συγκεντρωμένους ρύπους πάνω από τις πηγές προέλευσής τους, σε διηπειρωτικές αποστάσεις. Εμπόδιο στη φυσική αποικοδόμηση των ρύπων αποτελούν αφενός οι αυξημένες ποσότητες εκπομπών ανθρωπογενούς προέλευσης που υπερβαίνουν κατά πολύ τις φυσικές εκπομπές και αφετέρου φυσικά φαινόμενα όπως η αναστροφή θερμοκρασίας. Κατά το φαινόμενο, αυτό αντί της ανύψωσης των ρύπων και της φυσικής διάχυσής τους με την κίνηση



του αέρα, παρατηρείται διακοπή της ανύψωσης, τοπική αύξηση της συγκέντρωσής τους σε χαμηλό ύψος και όταν οι άνεμοι το επιτρέψουν, μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις (Βλάχου, 2002). Από τους παραπάνω ρύπους οι σημαντικότεροι παράγοντες οξίνισης είναι τα οξείδια του Θείου και του Αζώτου. Η Μυλωνά (1996) αναφέρει παραδείγματα εξάπλωσης των συνεπειών της όξινης βροχής στη Γερμανία, μακριά από βιομηχανικές περιοχές, υποδεικνύοντας την αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής (1 έως 10 ημέρες Cole, 2007) και την αναπόφευκτη μεταφορά των ρύπων ακόμη και πέρα των εθνικών συνόρων.

Κύρια πηγή εκπομπών  $SO_2$  αποτελεί η καύση ορυκτών καυσίμων όπως άνθρακας και πετρέλαιο, κατά την οποία το περιεχόμενο αυτών σε Θείο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Επίσης ποσότητες  $SO_2$  εκλύονται κατά την διύλιση του αργού πετρελαίου καθώς και στη χημική βιομηχανία παραγωγής κραμάτων μετάλλων και Θεικού Οξέος. Η καύση του φυσικού αερίου, λόγω της αμελητέας περιεκτικότητας σε Θείο, δεν επιβαρύνει ουσιαστικά το ισοζύγιο των εκπομπών  $SO_2$  (Μυλωνά 1996, Βλάχου 2002).

Στον πίνακα 1.2.1 Παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι αέριοι ρύποι με τις αντίστοιχες πηγές προέλευσής τους.

**Πίνακας 1.2.1:** Αέριοι ρύποι ανά πηγή προέλευσης

7

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΡΥΠΩΝ	$SO_2$	$NO_x$	NM VOC	$CH_4$	$NH_3$	CO
Κλάδος ενέργειας και μεταποίησης	50.2%					
Λοιποί μη βιομηχανικοί κλάδοι						
Βιομηχανία	30.2%					
Παραγωγικές διαδικασίες						
Εξόρυξη και διανομή ορυκτών καυσίμων και γεωθερμικής ενέργειας						
Χρήση διαλυτικών και άλλων ουσιών						
Οδικές μεταφορές	6.5%					
Λοιπά οχήματα - μηχανήματα						
Επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων						
Αγροτική και δασική παραγωγή, χρήση γης και υλοτόμηση	NR					
Λοιπές πηγές						

Πηγή: Μυλωνά (1999, σελ.9), Cole (2007, σελ. 639).

Τα σκούρα σκιαγραφημένα τετράγωνα υποδεικνύουν κύριες πηγές προέλευσης ρύπων. Τα ανοιχτόχρωμα σκιαγραφημένα τετράγωνα υποδηλώνουν ότι οι αντίστοιχες πηγές προέλευσης ρύπων ίσως είναι κύριες για κάποιες από τις χώρες της σύμβασης της Γενεύης

*LRTAP* (Long Range Transboundary Air Pollution). Τα ποσοστά αναφέρονται στη συμμετοχή κάθε κλάδου στις εκπομπές ρύπων και *NR*: δεν καταγράφηκαν.

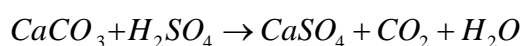
### 1.3. Όξινη βροχή και διασυνοριακή ρύπανση

Ο όρος όξινη βροχή αναφέρεται στην απόθεση όξινων ουσιών στο έδαφος μέσω των κατακρημνισμάτων. Η πρώτη αναφορά για το φαινόμενο της όξινης βροχής έγινε από τον *Smith R.* στα μέσα του προηγούμενου αιώνα και εμφανίστηκε σαν πρόβλημα ρύπανσης του περιβάλλοντος στις αρχές του 1960. Τα οξείδια του Θείου και του Αζώτου και τα αντίστοιχα παράγωγά τους επανέρχονται στο έδαφος με δύο τρόπους: α) μέσω της Ξηρής Απόθεσης κατά την οποία τα οξείδια και τα αντίστοιχα οξέα καθιζάνουν στο έδαφος είτε αυτούσια είτε προσροφημένα σε αιωρούμενα σωματίδια και β) μέσω της Υγρής Απόθεσης κατά την οποία τα οξείδια και τα αντίστοιχα οξέα επανέρχονται στο έδαφος διαλυμένα στο νερό της βροχής (όξινη βροχή) (Κουϊμτζής, 1989).

Ιδιαίτερα καταστρεπτική έχει θεωρηθεί η επίδρασή της όξινης βροχής στα φυτά και ειδικότερα στα δέντρα, που λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους εκτίθενται μακροχρόνια σε αυτήν. Τα φύλλα ή οι βελόνες των δέντρων κιτρινίζουν και πέφτουν, ο μεταβολισμός τους διαταράσσεται και το ριζικό σύστημα υφίσταται βλάβες, με αποτέλεσμα να προσλαμβάνονται μικρότερες ποσότητες θρεπτικών αλάτων και νερού. Επιπλέον, το ίδιο το έδαφος υποβαθμίζεται, γιατί τα οξέα που φτάνουν σ' αυτό σε μεγάλη ποσότητα καταστρέφουν τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς, διαλύουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων που κατόπιν απομακρύνονται με το νερό της βροχής και απελευθερώνουν τοξικά για τα φυτά βαρέα μέταλλα (κυρίως ιόντα αργιλίου και μαγγανίου). Ως συνέπεια όλων αυτών είναι, βέβαια, η εξασθένηση των δέντρων, που γίνονται ευάλωτα σε βακτήρια, ασθένειες κ.λπ. και τελικά πεθαίνουν.

Καταστρεπτικές είναι οι επιδράσεις της όξινης βροχής και στα επιφανειακά νερά, κυρίως λίμνες και μικρά ποτάμια, καθώς η αυξημένη συγκέντρωση οξέων καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αβγά αμφιβίων και ψαριών.

Η όξινη βροχή καταστρέφει κτίρια, μνημεία και αγάλματα κατασκευασμένα από ορυκτό υλικό, που είναι συνήθως ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ), όπως ασβεστόλιθος, μάρμαρο κ.λπ. Το θειικό οξύ που περιέχεται στην όξινη βροχή αντιδρά με το ανθρακικό ασβέστιο προς Θειούχο Ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ), σύμφωνα με τη χημική αντίδραση:



Στη συνέχεια το Θειούχο Ασβέστιο (γύψος) αντιδρώντας με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας ή το νερό της βροχής, φουσκώνει προκαλώντας τη διάβρωση και την αποσάθρωση των δομικών υλικών που περιέχουν Ανθρακικό Ασβέστιο. Το θειικό οξύ επιδρά επίσης και στους υαλοπίνακες των κτιρίων αποχρωματίζοντας και θαμπώνοντάς τους (Κουϊμτζής 1989, Βλάχου 2002)

Ως διασυνοριακή ρύπανση εννοείται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία τα αποτελέσματα των εκπομπών ρύπων σε τοπικό επίπεδο αφορούν πολλές χώρες (κατά κανόνα γειτονικές). Καθώς οι συσσωρευμένοι ρύποι πάνω από τα σημεία εκπομπής τους, ταξιδεύουν με τη βοήθεια των ανέμων σε μεγάλες αποστάσεις, αποδεδειγμένα επιβαρύνουν το περιβάλλον γειτονικών περιοχών ή ακόμη και χωρών. Στην περίπτωση αυτή οι περιοχές ή οι χώρες που υφίστανται τις συνέπειες της όξινης βροχής διαφέρουν από τα σημεία εκπομπής  $SO_2$  (UNECE, 2007).

Το 1979 τα Ηνωμένα Έθνη αναγνωρίζοντας το μέγεθος του προβλήματος προχώρησαν στη σύμβαση της Γενεύης για την διασυνοριακή ρύπανση. Αποτελεί ένα από τα κύρια μέσα για την προστασία του περιβάλλοντος, γεφυρώνοντας διαφορετικά πολιτικά συστήματα και λειτουργώντας ως σταθεροποιητικός παράγοντας σε περιόδους πολιτικών αλλαγών. Συνεισέφερε στην ανάπτυξη διεθνών περιβαλλοντικών κανονισμών και νομοθετημάτων και έθεσε τις βάσεις για τον έλεγχο και τον περιορισμό των συνεπειών της διασυνοριακής ρύπανσης (UNECE, 1979).

Οι πολιτικές για τον έλεγχο και περιορισμό των εκπομπών  $SO_2$  στην Ευρώπη έχουν αποδώσει καθώς οι όξινες αποθέσεις έχουν μειωθεί (Jenkins et al., 2003, Stern 2004, Vestreng et al., 2007). Το γεγονός αποδίδεται στην εφαρμογή των διεθνών συμβάσεων και ευρωπαϊκών κανονισμών για την καταπολέμηση της αέριας ρύπανσης. Η μείωση όμως των εκπομπών δεν είναι ίδια για όλες τις χώρες της Ευρώπης υποδηλώνοντας ότι η αποτελεσματικότητα των επιμέρους μέτρων για τη μείωσή τους που λαμβάνουν τα κράτη, εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι η υπάρχουσα οικονομική κατάσταση, το βιοτικό επίπεδο, το μορφωτικό επίπεδο και η δυνατότητα της κάθε χώρας για την ανάληψη είτε αντιρρυπαντικών δράσεων, είτε κατασταλτικών μέτρων όσο αφορά τις εν λόγω εκπομπές ρύπων, είτε την αλλαγή της παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας, πρώτων υλών κλπ.) .

Η άμεση σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος, έχει ωθήσει την έρευνα στην διερεύνηση εκείνων των παραγόντων, των οποίων η φύση και το μέγεθος είτε ενισχύει είτε αποτελεί τροχοπέδη σ' αυτή την προσπάθεια.

#### 1.4. Η περιβαλλοντική καμπύλη Κουζνέτς (*Environmental Kuznets Curve EKC*)

Η βασική υπόθεση της καμπύλης Kuznets είναι ότι, η οικονομική ανισότητα που παρατηρείται είτε σε μια οικονομία (μεταξύ των μελών της) είτε μεταξύ των οικονομιών διαφορετικών χωρών, αυξάνει με το χρόνο καθώς η οικονομία αναπτύσσεται ενώ μετά από την επίτευξη ενός κρίσιμου επιπέδου του κατά κεφαλή εισοδήματος, αρχίζει να μειώνεται (Kuznets, 1955).

Η έρευνα γύρω από την περιβαλλοντική καμπύλη Kuznets (στο εξής *EKC*), και τη βασική υπόθεση της καμπύλης *Kuznets*, εδραιώνει την υφιστάμενη σχέση μεταξύ της ανάπτυξης της οικονομίας με όποιον τρόπο και αν μετριέται και της ποιότητας του περιβάλλοντος. Συνήθως η ποιότητα του περιβάλλοντος μετριέται έμμεσα με μεταβλητές όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων, η υποχώρηση των δασικών εκτάσεων κλπ., οι οποίες συσχετίζονται αρνητικά με την ανάπτυξη και την κοινωνική ευημερία. Από την άλλη το κατά κεφαλή εγχώριο προϊόν αποτελεί ένα κοινό, αποτελεσματικό και συγκρίσιμο μέτρο ανάπτυξης σε μελέτες και έρευνες που αφορούν μεμονωμένες χώρες ή ομάδες χωρών. Επιπλέον το κατά κεφαλή εισόδημα έχει σημαντική επίδραση σε όλους τους περιβαλλοντικούς δείκτες (Shafik and Bandyopadhyay, 1992). Η υφιστάμενη αρνητική σχέση μεταξύ της ανάπτυξης και της ποιότητας του περιβάλλοντος είναι υπεύθυνη για τη μορφή αναστροφής U της *EKC*. Η θεωρία προτείνει ότι η οικονομική ανάπτυξη, μετά από μια περίοδο υποβάθμισης της ποιότητας του περιβάλλοντος, θα οδηγήσει εν τέλει στην αναστροφή αυτής της πορείας και στην επανόρθωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκάλεσε στα αρχικά της στάδια. Έτσι η περαιτέρω ανάπτυξη θα οδηγήσει σε περαιτέρω βελτίωση του περιβάλλοντος. Η μέχρι σήμερα βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι η συμβατική *EKC* σχέση είναι πολύπλοκότερη από το να περιλαμβάνει μόνο το εισόδημα ως ερμηνευτική μεταβλητή (Markandya Golub Pedroso-Galinato, 2006).

Οι Grossman και Krueger (1995) στην αντίστοιχη μελέτη τους έδειξαν ότι τα επίπεδα ρύπανσης αυξάνονται καθώς η οικονομία αναπτύσσεται, αλλά η πορεία αυτή αρχίζει να αντιστρέφεται και τα επίπεδα της ρύπανσης να μειώνονται, καθώς το κατά κεφαλή εισόδημα αυξάνεται πέρα από ένα σημείο καμπής της *EKC*. Σε παρόμοια αποτελέσματα για τη σχέση μεταξύ της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης κατέληξαν και άλλες εργασίες όπως των Selden και Song (1994) και Rock (1996), χρησιμοποιώντας διάφορες οικονομετρικές μεθόδους και μια ποικιλία ρυπαντών.

### 1.5. Στόχοι, προσφορά και διάρθρωση της έρευνας

Η μεγαλύτερη βάση δεδομένων σχετικά με τις παγκόσμιες εκπομπές  $SO_2$ , είναι αυτή που συλλέχτηκε από τον *Stern* (2010) και καλύπτει την περίοδο 1850-2002. Λεπτομέρειες σχετικά με τις μεθόδους που χρησιμοποίησε για τη συλλογή και συμπλήρωση των υπαρχόντων στοιχείων, δίνονται στις δημοσιευμένες εργασίες του συγγραφέα (*Stern* 2005, 2006). Χρήση αυτής της εκτεταμένης βάσης δεδομένων έγινε από τους *Markandya et al.* (2006), καθώς έλεγχαν την ύπαρξη της *EKC* (μορφής ανάστροφου U) καμπύλης, σε 12 χώρες της δυτικής Ευρώπης, από κοινού με την επίδραση των διαφόρων περιβαλλοντικών κανονισμών που τέθηκαν σε εφαρμογή. Χρήση της ίδιας βάσης δεδομένων και από άλλους ερευνητές δεν διαπιστώθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας (διατηρουμένης κάθε επιφύλαξης).

Η αρχική ιδέα πίσω από την υλοποίηση της παρούσας εργασίας είναι η εξακρίβωση του κατά πόσο μια *EKC* σχέση είναι ισχυρή σε μια σειρά 12 χωρών της Δυτικής Ευρώπης (Αγγλία, Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Δανία, Ελβετία, Ιταλία, Νορβηγία, Ολλανδία, Σουηδία και Φινλανδία), εξετάζοντάς τες για μια τόσο μεγάλη χρονική περίοδο και το κατά πόσο η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε κάποια επίδραση στη μείωση των εκπομπών και στη μορφή της καμπύλης. Σε δεύτερο επίπεδο, στόχος είναι να εκτιμηθεί (εφόσον υπάρχει) το σημείο καμπής (Σ.Κ. στο εξής) της *EKC* καμπύλης, δηλαδή το σημείο εκείνο του πραγματικού κατά κεφαλή εισοδήματος πέρα του οποίου η ατμοσφαιρική ρύπανση αρχίζει να μειώνεται. Τέλος, να εφαρμοστούν εκτεταμένοι οικονομετρικοί έλεγχοι για την καλύτερη τεκμηρίωση των εκτιμητικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και να συγκριθούν και σχολιαστούν τα ευρήματα της εργασίας με τα μέχρι τώρα στοιχεία της έρευνας γύρω από την *EKC* υπόθεση. Αναφορικά με τους παραπάνω στόχους, εξετάζονται τα πρωτογενή στοιχεία για το τι πραγματικά δείχνει η μεταξύ τους σχέση, για την επίδραση του εισοδήματος στις εκπομπές  $SO_2$  και εφαρμόζεται οικονομετρική ανάλυση για τον ποσοτικό προσδιορισμό αυτής της επίδρασης.

Η παρούσα εργασία προσθέτει στην συζήτηση της αειφόρου ή διατηρήσιμης ανάπτυξης που ξεκίνησε από την *World Commission on Environment and Development*, στο *Our Common Future* (U.N. 1987), από μια πιο αναλυτική σκοπιά. Τα ευρήματα σχετικά με την οικονομετρική ανάλυση του κλασσικού *EKC* μοντέλου διαφέρουν από αυτά των *Markandya et al.* (2006) αλλά και των άλλων ερευνητών, καθώς στο επίπεδο των μεμονωμένων χωρών χρησιμοποιείται η *ML* (*Maximum Likelihood*) μέθοδος εκτίμησης, η

οποία αντιμετωπίζει την ύπαρξη αποτελέσματος ARCH στα κατάλοιπα της κλασσικής *OLS* εκτίμησης. Σημειώνεται ότι οι *ML* εκτιμητές ουδέποτε χρησιμοποιήθηκαν σε κάποια *EKC* εμπειρική μελέτη απ' όσο μπορεί να ισχυριστεί η βιβλιογραφική έρευνα της παρούσης. Επιπλέον, εξετάζεται ξεχωριστά η επίδραση της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και η επίδραση της χρονικής τάσης στη μετακίνηση και τη μορφή της *EKC* καμπύλης. Τα ευρήματα είναι σημαντικά διαφορετικά από τους *Markandya et al.* (2006), καθώς η παρούσα σε αντίθεση με τους παραπάνω ερευνητές προχώρησε στην εκτίμηση του υποδείγματος για την ομάδα των 12 χωρών με τη μέθοδο *Panel EGLS*, όπως έδειξε και το τεστ *Hausman*. Τέλος, όλες οι μεταβλητές βρέθηκε ότι είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$  και ότι συνολοκληρώνονται.

Παρά τα κοινά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση χωρών, η ετερογένεια μεταξύ τους είναι σημαντική, με αποτέλεσμα να μην έχει ουσιαστικό νόημα η εξέταση τους ως ένα ενιαίο σύνολο. Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα για όλες τις χώρες αλλά και για το μέσο όρο τους (συναθροιστικά δεδομένα) δείχνουν ότι η υπόθεση *EKC* είναι ισχυρή. Η παρούσα εργασία βρίσκει ότι για την ομάδα των χωρών (*panel data*), οι εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  όταν σχεδιάζονται σε σχέση με το κατά κεφαλή ΑΕΠ παρουσιάζουν μια ανάστροφου *U* μορφή. Το ίδιο βρίσκεται και στο επίπεδο των μεμονωμένων χωρών, εκτός από την περίπτωση της Ιταλίας που η παρατηρούμενη σχέση  $SO_2$ -ΑΕΠ είναι είτε μονοτονική είτε *U* μορφής, ανάλογα με την συμπερίληψη στο υπόδειγμα των μεταβλητών που αποτυπώνουν την επίδραση της περιβαλλοντικής πολιτικής και τη χρονική τάση. Τα αποτελέσματα αυτά συζητούνται διεξοδικότερα στα επόμενα τμήματα της εργασίας.

Ως δείκτης περιβαλλοντικής ποιότητας χρησιμοποιούνται οι εκπομπές  $SO_2$ , με δεδομένα που καλύπτουν την περίοδο από το 1870 έως και το 2002. Αυτά αφορούν 133 ετήσιες παρατηρήσεις για την Αγγλία, την Αυστρία, το Βέλγιο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, τη Δανία, την Ελβετία, την Ιταλία, τη Νορβηγία, την Ολλανδία, τη Σουηδία και τη Φινλανδία. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι κανονισμοί για την ατμοσφαιρική ρύπανση που αυτές οι χώρες είναι υποχρεωμένες να ακολουθήσουν καθώς υποχρεώνονται από τις εθνικές κυβερνήσεις, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και την *UNECE* (*United Nations Economic Commission for Europe*).

Η επιλογή των χωρών έγινε στη βάση των κοινών τους χαρακτηριστικών σε όρους ανάπτυξης, επιπέδου εκπομπών, περιβαλλοντικών υποχρεώσεων, κουλτούρας και ιστορίας. Για την περίοδο 1870-1980, οι συνολικές εκπομπές των επιλεγμένων χωρών αποτελούσαν το 90%-97% των ολικών εκπομπών της δυτικής Ευρώπης, ενώ για την περίοδο 1981-2002 το 50%-80%. Επιπρόσθετα, το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν των εν λόγω χωρών αποτελούσε

περισσότερο από 80% του συνολικά παραγόμενου στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Ευρώπης για όλα τα χρόνια της μελέτης (Markandya *et al.*, 2006).

Το υπόλοιπο μέρος της εργασίας διαμορφώνεται ως εξής:

Το κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική αναδρομή σε μια σειρά από μελέτες που σχετίζονται με την *EKC* υπόθεση ενώ επικεντρώνεται σε αυτές που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά με την παρούσα (εκπομπές  $SO_2$ ). Στα κεφάλαια 3 και 4, παρουσιάζονται τα δεδομένα και διενεργούνται οι οικονομετρικοί διαγνωστικοί έλεγχοι αυτών και των υποδειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν. Το κεφάλαιο 5 καταλήγει στα τελικά υποδείγματα σύμφωνα με τα προηγούμενα, και προχωρά στις εκτιμήσεις και στην εξαγωγή των εμπειρικών αποτελεσμάτων. Ακολουθεί η συζήτηση και τα σχόλια σχετικά με τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, ενώ η εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα ευρήματα και τη βιβλιογραφία, μαζί με τις προτεινόμενες κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα, ολοκληρώνουν την εργασία στο κεφάλαιο 6.

## Κεφάλαιο 2

### Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Από το 1992 έως και σήμερα, μια σειρά μελετών έχει ασχοληθεί με την υποθετική σχέση μεταξύ διάφορων δεικτών περιβαλλοντικής ποιότητας και του κατά κεφαλή εισοδήματος. Ο λόγος για το παρατηρούμενο ενδιαφέρον είναι η συζήτηση που ξεκίνησε από την *World Commission on Environment and Development*, στο *Our Common Future* (U.N. 1987), σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη, μέρος του οποίου αποτέλεσε το ερώτημα κατά πόσο η οικονομική ανάπτυξη είναι απαραίτητη για την διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος (Stern, 2004). Η ιδέα πίσω από το παραπάνω ερώτημα είναι η χρήση της υπόθεσης του *Kuznets* (1955) σχετικά με τη μορφή ανάστροφου U που διέπει τη σχέση μεταξύ του επιπέδου του εισοδήματος και της ανισότητας στη διανομή του. Η υπόθεση υποστηρίζει ότι καθώς το εισόδημα αυξάνει, αυξάνεται και η ανισότητα στη διανομή του έως ένα σημείο καμπής της καμπύλης, από το οποίο και μετά αρχίζει να μειώνεται. Λόγω των ομοιοτήτων μεταξύ της συμπεριφοράς της κατανομητικής ανισότητας του εισοδήματος και των περιβαλλοντικών δεικτών σε σχέση με το εισόδημα, η αντίστοιχη καμπύλη ονομάζεται Περιβαλλοντική Καμπύλη *Kuznets* (*EKC*).

Η έρευνα γύρω από την ύπαρξη μιας *EKC* σχέσης όσο αφορά το περιβάλλον και την ανάπτυξη, ξεκίνησε ουσιαστικά με τις εργασίες των *Shafik* και *Bandyopadhyay* (1992) και των *Grossman* και *Krueger* (1993). Η έρευνα αφορούσε διαστρωματικά στοιχεία και μια σειρά περιβαλλοντικών δεικτών όπως: συγκεντρώσεις  $SO_2$  και αιωρούμενων σωματιδίων σε σχέση με το κατά κεφαλή εισόδημα. Ιδιαίτερα οι *Shafik* και *Bandyopadhyay* πέραν των παραπάνω δεικτών εξέτασαν και την έλλειψη υγιεινού νερού και εγκαταστάσεων υγιεινής, την ετήσια και ολική μείωση δασικών εκτάσεων, το διαλυμένο οξυγόνο και κολοβακτηρίδια στα εσωτερικά ύδατα, τα αστικά κατά κεφαλή στερεά απόβλητα και τις εκπομπές  $CO_2$ , σε συνάρτηση με τις επενδύσεις, το συνολικό εμπόριο και το χρέος ως ποσοστό του εισοδήματος, το ρυθμό αύξησης του πραγματικού εισοδήματος, τα τιμολόγια του ηλεκτρικού ρεύματος, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες και διάφορα δημοκρατικά δικαιώματα και ελευθερίες. Το εισόδημα (σε *PPP*\$), εμφανίζεται να έχει μια σταθερά σημαντικότερη επίδραση σε όλους τους περιβαλλοντικούς δείκτες σε σχέση με τις υπόλοιπες ερμηνευτικές μεταβλητές. Ειδικά για τις συγκεντρώσεις  $SO_2$  στην ατμόσφαιρα, και οι δύο εργασίες καταλήγουν σε μία δευτεροβάθμια εξειδίκευση του υποδείγματος ως προς το λογάριθμο του



εισοδήματος και ένα σημείο καμπής στα 3,670\$ (Shafik and Bandyopadhyay, 1992) και 5.000\$ (Grossman and Krueger, 1993).

Τα επόμενα χρόνια, τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την προηγούμενη έρευνα επιβεβαιώθηκαν (Grossman and Krueger 1995, Panayotou 1993, Selden and Song 1994, Shafik 1994). Οι Bradford *et al.* (2005), χρησιμοποίησαν ακριβώς τα ίδια δεδομένα με τους Grossman και Krueger. Χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική εξειδίκευση<sup>1</sup> για την αποφυγή πιθανών προβλημάτων μη στασιμότητας και μη συνολοκλήρωσης των μεταβλητών, επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα των Grossman και Krueger μόνο για 6 ρύπους από τους 14 που εξετάστηκαν. Τα σημεία καμπής που υπολόγισαν για τις συγκεντρώσεις  $SO_2$  κυμαίνονται από 1,900\$ έως 3,000\$ ανάλογα με το υπόδειγμα (τετραγωνικό και γραμμικό αντίστοιχα).

Ο Panayotou (1993), χρησιμοποίησε ως περιβαλλοντικές μεταβλητές για την εκτίμηση του υποδείγματος *EKC* τις εκπομπές σε εθνικό επίπεδο των  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SPM$  και την καταστροφή δασικών εκτάσεων (*deforestation*). Σε αντίθεση με τη μέχρι τότε τεχνική ανάλυσης, συμπεριέλαβε μόνο διαστρωματικά δεδομένα για τις παραπάνω μεταβλητές και για το εισόδημα. Η εκτίμηση των εκπομπών ρύπων για τις αναπτυσσόμενες χώρες έγινε με βάση την κατανάλωση καυσίμων και των συγκεντρώσεων τους σε ρύπους. Όσο αφορά τις εκπομπές  $SO_2$ , το σημείο καμπής υπολογίστηκε σε 5,500\$. Για τον υπολογισμό του πραγματικού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, χρησιμοποίησε τις συναλλαγματικές ισοτιμίες αντί του *PPP*\$, που σύμφωνα με τους Stern *et al.* (1996), υποτιμά τα επίπεδα του εισοδήματος των αναπτυσσόμενων χωρών, σε σχέση με αυτά των αναπτυγμένων.

Η μεγάλη ποικιλία των δεικτών περιβαλλοντικής ποιότητας και η μορφή τους (εκπομπές ή συγκεντρώσεις), η μεγάλη ποικιλία των ερμηνευτικών μεταβλητών που δοκιμάστηκαν (πέρα από το κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν) καθώς και η μέθοδος εκτίμησης του υποδείγματος *EKC* (σε συνδυασμό με τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα), καθιστά την αξιόπιστη σύγκριση μεταξύ των ευρημάτων αδύνατη. Όσο αφορά α) τη χρήση των εκπομπών  $SO_2$  ως δείκτη περιβαλλοντικής ποιότητας, β) τη μορφή των δεδομένων και της μεθόδου ανάλυσης (*panel data estimation procedures*), γ) τη χρήση του πραγματικού κατά κεφαλή ακαθάριστου ΑΕΠ (*PPP*\$) και δ) τη χρήση περιβαλλοντικών-πολιτικών μεταβλητών, παρόμοιες εργασίες με την παρούσα έχουν υλοποιήσει οι: Selden και Song (1994), Cole *et al.* (1997), Stern και Common (2001), Halkos (2003a, b), Cole (2004, 2005) και Markandya *et al.* (2006). Συγκριτικά στοιχεία που αφορούν τις εμπλεκόμενες μεταβλητές, τα δεδομένα, τις μεθόδους εκτίμησης και τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

<sup>1</sup> Η λεπτομερέστερη ανάλυση των υποδειγμάτων ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας. Για περισσότερες λεπτομέρειες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στο πρωτότυπο άρθρο.

**Πίνακας 2.1:** Επιλεγμένες ΕΚΚ μελέτες εκπομπών SO<sub>2</sub>. Παράθεση κατά χρονολογική σειρά.

Συγγραφείς	Πηγές δεδομένων			Επιπλέον μεταβλητές	Περίοδος ανάλυσης	Χώρες/Πόλεις	Μέθοδος εκτίμησης	Εκτιμημένο σημείο καμπής
	Εκπομπές SO <sub>2</sub>	ΑΕΠ	Πληθυσμός					
<i>Selden και Song</i> (1994)	World Resources Institute (WRI)	Penn Mark IV World Tables 1985PPP\$	Penn Mark IV World Tables	Πληθυσμιακή πυκνότητα	1973-1984 μέσες τριετείς παρατηρήσεις	22, 6 και 2 χώρες υψηλού, μεσαίου και χαμηλού εισοδήματος	<i>Pooled, fixed &amp; random effects LS</i>	8,900\$-10,700\$
<i>Cole et al.</i> (1997)	UN fossil fuel consumption data series	Penn Mark 5.6 World Tables 1985PPP\$	Penn Mark 5.6 World Tables	Εμπόριο, τεχνολογικό επίπεδο, τάση	1970-1992	11 OECD χώρες	GLS	5.700\$ - 6.900\$
<i>Stern και Common</i> (2001)	ASL and associates	Penn Mark 5 World Tables 1990PPP\$	Penn Mark 5.6 World Tables	Χρονικές και διαστρωματικές επιδράσεις	1960-1990	23 OECD και 50 εκτός OECD, χώρες	<i>OLS, fixed &amp; random effects LS</i>	9,200\$-908,200\$
<i>Halkos</i> (2003a)	ASL and associates	Penn Mark 5 World Tables 1990PPP\$	Penn Mark 5.6 World Tables	Χρονικές και διαστρωματικές επιδράσεις	1960-1990	23 OECD και 50 εκτός OECD, χώρες	<i>fixed &amp; random effects 2SLS</i>	7,500\$-9,200\$
<i>Halkos</i> (2003b)	ASL and associates	Penn Mark 5 World Tables 1990PPP\$	Penn Mark 5.6 World Tables	Χρονικές και διαστρωματικές επιδράσεις, AD(1,1)	1960-1990	23 OECD και 50 εκτός OECD, χώρες	<i>Random coefficients-2SLS - GMM</i>	2,800\$-6,200\$
<i>Cole</i> (2004)	OECD 1999	World Bank (1995 \$)	World Bank	Χρονικές επιδράσεις, βιομ/κή παραγωγή, εμπόριο, χρ. τάση ένταση εμπορίου	1977-1995	18 χώρες	GLS	5,300\$-7,650\$
<i>Cole</i> (2005)	Stern I. D.	World Bank (1995 \$)	World Bank (2004)	Χρονικές και διαστρωματικές επιδράσεις	1984-2000	Έως 110 χώρες	<i>Random coefficients</i>	16,000\$
<i>Markandya et al.</i> (2006)	Stern I. D.	Maddison (1990 PPP\$)	Maddison	Χρονική τάση, πολιτικές μεταβ.	1870-2001	12 OECD χώρες της Δυτικής Ευρώπης	<i>Panel data fixed effects, OLS</i>	11,900\$
Η παρούσα εργασία	Stern I. D.	Maddison (1990 PPP\$)	Maddison (2010)	Χρονική τάση, πολιτικές μεταβ.	1870-2002	13 OECD χώρες της Δυτικής Ευρώπης	<i>Panel data random effects, ML</i>	7.650\$-13.100\$

Οι *Selden* και *Song* (1994), επιπλέον των μεταβλητών  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SPM$ , χρησιμοποίησαν ως περιβαλλοντικό δείκτη ποιότητας το  $CO$ . Οι μεταβλητές αφορούσαν τις εκπομπές των ρύπων, το κατά κεφαλή ΑΕΠ και την πληθυσμιακή πυκνότητα, για ένα σύνολο 30 χωρών από τις οποίες οι 22 χαρακτηρίστηκαν ως υψηλού εισοδήματος, οι 6 ως μεσαίου εισοδήματος και οι 2 ως χαμηλού εισοδήματος. Τα δεδομένα λήφθηκαν από τα *World Resources Institute (WRI)* και *Penn Mark IV World Tables*, και αναφέρονταν σε μέσες τριετείς παρατηρήσεις για την περίοδο 1973-1984. Το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με *panel data LS* και ελέγχθηκε ως προς την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, την καταλληλότητα των μεθόδων *fixed vs random effects* και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στο διαταρακτικό όρο. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία για τις εκπομπές  $SO_2$  και  $NO_x$ . Στην περίπτωση του  $CO$ , η υπόθεση απορρίπτεται καθώς τα αποτελέσματα είναι στατιστικά ασήμαντα. Το σημείο καμπής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκε μεταξύ 8,900\$-10,700\$, ανάλογα με το μοντέλο εκτίμησης (*random* και *fixed effects*) και την εισαγωγή ή όχι στο υπόδειγμα, της πληθυσμιακής πυκνότητας ως ερμηνευτικής μεταβλητής.

Οι *Cole et al.* (1997), επιπλέον των μεταβλητών  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SPM$ , και  $CO$  χρησιμοποίησαν ως περιβαλλοντικούς δείκτες ποιότητας τα:  $CO_2$ , *CFCs* και χλωράνθρακες, μεθάνιο, νιτρικά, στερεά απόβλητα, κατανάλωση ενέργειας και κυκλοφοριακό όγκο. Οι μεταβλητές αφορούσαν τις εκπομπές των ρύπων το κατά κεφαλή ΑΕΠ, ψευδομεταβλητές για τις επιδράσεις των χωρών, τεχνολογικό επίπεδο και χρονική τάση, για ένα σύνολο 11 *OECD* χωρών. Τα δεδομένα λήφθηκαν από τα *Penn Mark 5.6 World Tables* και *UN fossil fuel consumption data series*, και αναφέρονταν σε μέσες ετήσιες παρατηρήσεις για την περίοδο 1970-1992. Το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με την *panel data LS* μέθοδο και ελέγχθηκε ως προς την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, την καταλληλότητα των μεθόδων *fixed vs random effects*, και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας στο διαταρακτικό όρο. Για την αντιμετώπιση της αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας χρησιμοποιήθηκε η *panel GLS fixed effects* μέθοδος εκτίμησης. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία για όλους περιβαλλοντικούς δείκτες ποιότητας πλην των νιτρικών, μεθανίου και κατανάλωσης ενέργειας που παρουσίασαν μη στατιστικά σημαντικές εκτιμήσεις και των στερεών αποβλήτων. Το σημείο καμπής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκε μεταξύ 5,700\$-6,900\$, ανάλογα με τη μορφή του υποδείγματος (τετραγωνική στα επίπεδα και λογαριθμική τετραγωνική στα επίπεδα, αντίστοιχα).

Οι *Stern* και *Common* (2001), χρησιμοποίησαν ως περιβαλλοντικό δείκτη ποιότητας το  $SO_2$ . Οι μεταβλητές αφορούσαν τις εκπομπές των ρύπων και το κατά κεφαλή ΑΕΠ, για ένα σύνολο 73 χωρών οι οποίες εξετάστηκαν σε τρία υποσύνολα: χώρες μέλη του *OECD*,

χώρες μη μέλη του *OECD* και το σύνολο των 73 χωρών. Τα δεδομένα λήφθηκαν από τα *Penn Mark IV World Tables* και *ASL and associates*, και αναφέρονταν σε μέσες ετήσιες παρατηρήσεις για την περίοδο 1960-1990. Το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με την *panel data LS* μέθοδο και ελέγχθηκε ως προς την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, την καταλληλότητα των μεθόδων *fixed vs random effects* και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στο διαταρακτικό όρο. Λόγω της αδυναμίας για έλεγχο στασιμότητας και συνολοκλήρωσης των μεταβλητών, το υπόδειγμα ελέγχθηκε και στις πρώτες διαφορές με *OLS*. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία για τις εκπομπές  $SO_2$  στα δύο από τα τρία υποσύνολα χωρών: του συνόλου και των χωρών μελών του *OECD*. Στην περίπτωση των εκτός *OECD* χωρών, η εκτιμημένη παράμετρος του τετραγώνου του κατά κεφαλή εισοδήματος, είναι μη στατιστικά σημαντική. Τα σημεία καμψής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκαν: στην περίπτωση του συνόλου των 73 χωρών (*fixed effects*) σε 101,150\$, στην περίπτωση των χωρών μελών του *OECD* (*random effects*) σε 9,181\$ και στην περίπτωση των χωρών εκτός *OECD* (*fixed effects*) σε 908,200\$. Από τις τρεις εκτιμήσεις των σημείων καμψής, αυτή που βρίσκεται εντός του εύρους των μέχρι τότε εκτιμήσεων αφορά τις χώρες μέλη του *OECD*.

Ο *Halkos* (2003a, b), στις δύο εργασίες του χρησιμοποίησε τα ίδια δεδομένα με τους *Stern* και *Common* (2001) χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές τεχνικές εκτίμησης: την *panel* (*fixed* και *random*) *2SLS*, τη *random coefficients* μέθοδο και τη γενικευμένη μέθοδο των ροπών (*GMM*). Και πάλι, ο περιβαλλοντικός δείκτης ποιότητας είναι το  $SO_2$  και στις δύο εργασίες, ενώ οι μεταβλητές αφορούσαν τις εκπομπές των ρύπων και το κατά κεφαλή ΑΕΠ, για ένα σύνολο 73 χωρών οι οποίες εξετάστηκαν σε τρία υποσύνολα: χώρες μέλη του *OECD*, χώρες μη μέλη του *OECD* και το σύνολο των 73 χωρών. Τα δεδομένα λήφθηκαν από τα *Penn Mark IV World Tables* και *ASL and associates*, και αναφέρονταν σε μέσες ετήσιες παρατηρήσεις για την περίοδο 1960-1990. Το υπόδειγμα που εκτιμήθηκε με την *panel* (*fixed* και *random*) *2SLS*, ελέγχθηκε ως προς την γραμμική ή λογαριθμική εξειδίκευσή του, την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, την καταλληλότητα των μεθόδων *fixed vs random effects* και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στο διαταρακτικό όρο. Η *random coefficients* μέθοδος δεν απέδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα σε καμία από τις τέσσερις διαφορετικές εξειδικεύσεις της. Όσο αφορά την *GMM* μέθοδο τα κατάλοιπα από την εκτίμηση του υποδείγματος ελέγχθηκαν ως προς την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης πρώτης και δεύτερης τάξης καθώς και υπερταυτοποίησης των περιορισμών. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία για τις εκπομπές  $SO_2$  και το σύνολο των μεθόδων εκτίμησης, εκτός της *random coefficients* μεθόδου που έδωσε μη στατιστικά διαφορετικούς από το μηδέν, συντελεστές. Τα σημεία καμψής για τις εκπομπές  $SO_2$  που υπολογίστηκαν είναι: 7,500\$-9,200\$ όταν το

υπόδειγμα εκτιμήθηκε με *panel (fixed και random) 2SLS* και 2,800\$-6,200\$ όταν εκτιμήθηκε με *GMM*.

Ο *Cole* (2004), εξέτασε την επίδραση μιας σειράς μεταβλητών (πλέον του πραγματικού ακαθάριστου κατά κεφαλή ΑΕΠ) στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Οι μεταβλητές αυτές είναι: διαστρωματικές επιδράσεις, χρονική τάση, το ποσοστό συμμετοχής της βιομηχανικής παραγωγής στο ΑΕΠ, το ποσοστό των επιβαρυμένων περιβαλλοντικά προϊόντων στις συνολικές εξαγωγές και εισαγωγές αντίστοιχα, σε και από χώρες μη μέλη του *OECD* και η ένταση της εμπορικής δραστηριότητας. Ως δείκτες περιβαλλοντικής ποιότητας, εξετάστηκαν δέκα ρυπαντές που εκτός των εκπομπών  $SO_2$ , είναι:  $NO_x$ , νιτρικά,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SPM$ ,  $VOC$ , φώσφορος,  $BOD$  και  $DO$ , για ένα σύνολο 18 χωρών. Τα δεδομένα λήφθηκαν από τον *OECD* και την *World Bank* και αναφέρονται σε μέσες ετήσιες παρατηρήσεις για την περίοδο 1977-1995. Το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με την *GLS* μέθοδο και ελέγχθηκε ως προς την ενδογένεια των μεταβλητών, και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας στο διαταρακτικό όρο, τα οποία αντιμετωπίστηκαν με την υιοθέτηση της μεθόδου *GLS*. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία για όλους περιβαλλοντικούς δείκτες ποιότητας πλην των *VOC (Volatile Organic Compounds)* και μονοξειδίου του άνθρακα ( $CO$ ). Το σημείο καμπής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκε μεταξύ 5,300\$-7,650\$, ανάλογα με την προσθήκη ή όχι του ποσοστού των επιβαρυμένων περιβαλλοντικά προϊόντων στις συνολικές εξαγωγές και εισαγωγές, αντίστοιχα.

Το 2005 ο *Cole*, με τη βοήθεια της μεθόδου *random coefficients*, εκτιμά ένα υπόδειγμα με χρονικές και διαστρωματικές επιδράσεις μεταξύ τριών δεικτών περιβαλλοντικής ποιότητας ( $SO_2$ ,  $NO_x$  και  $CO$ ) και του πραγματικού ακαθάριστου ΑΕΠ. Τα δεδομένα ελήφθησαν από την *World Bank* και τον *Stern* (2005). Αφορούν 110 χώρες οι οποίες εξετάστηκαν σε τρία υποσύνολα: χώρες μέλη του *OECD*, χώρες μη μέλη του *OECD* και το σύνολο των 110 χωρών. Σε αντίθεση με το *Halko* (2003b), βρίσκει ότι η *EKC* υπόθεση είναι ισχυρή στο σύνολο των χωρών και στις χώρες μέλη του *OECD* για το  $SO_2$ , ενώ είναι ισχυρή για το  $CO_2$ , μόνο στην περίπτωση των χωρών μελών του *OECD*. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, τα αποτελέσματα είναι στατιστικά ασήμαντα και οι εκτιμημένοι παράμετροι δε διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν. Το σημείο καμπής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκε στις 16,000\$ (*US 1995\$*) και στα δύο υποσύνολα όπου η υπόθεση *EKC* είναι ισχυρή.

Οι *Markandya et al.* (2006), εξετάζουν τη σχέση ρύπανσης-εισοδήματος στη βάση των εκπομπών  $SO_2$  ως περιβαλλοντικό δείκτη ποιότητας, ενώ οι μεταβλητές αφορούν τις εκπομπές των ρύπων, το κατά κεφαλή ΑΕΠ, μια σειρά ψευδομεταβλητών που εκφράζουν πολιτικές και θεσμούς για την καταπολέμηση της ρύπανσης και χρονική τάση, για ένα

σύνολο 12 δυτικοευρωπαϊκών χωρών. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συλλέχτηκαν από τον *Stern* και τον *Maddison* και αναφέρονταν σε μέσες ετήσιες παρατηρήσεις για την περίοδο 1870-2001. Το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με τις *panel data fixed effects* και *OLS* μεθόδους και ελέγχθηκε ως προς την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, την καταλληλότητα των μεθόδων *fixed vs random effects*, και την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας στο διαταρακτικό όρο. Για την αντιμετώπιση της αυτοσυσχέτισης χρησιμοποιήθηκε ο μετασχηματισμός *Prais-Winsten*, ενώ για την αντιμετώπιση της ετεροσκεδαστικότητας χρησιμοποιήθηκε ο ανθεκτικός *Huber-White* εκτιμητής για το μετασχηματισμό των τυπικών σφαλμάτων των εκτιμητών. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την *EKC* θεωρία. Το σημείο καμπής για τις εκπομπές  $SO_2$  υπολογίστηκε στις 11,900\$, λαμβάνοντας τα συναθροιστικά δεδομένα των 12 χωρών (ως να ήταν ένα ενιαίο σύνολο) και εφαρμόζοντας την *OLS* σαν μέθοδο εκτίμησης.

Σε μια παρόμοια εργασία, ο *Ansuategi*.(2003), ανάλυσε ένα δείγμα 21 χωρών από τη δυτική και ανατολική Ευρώπη, χρησιμοποιώντας, αντί τα κατά κεφαλή επίπεδα, την πυκνότητα των εκπομπών  $SO_2$ . Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, λαμβάνεται υπόψη η χωρική διασπορά των ρύπων, το επίπεδο των εγχώριων εκπομπών και η πυκνότητα των αποθέσεων στη σχέση ποιότητας περιβάλλοντος-εισοδήματος, καθώς η υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων αντιρύπανσης εξαρτώνται από τους παραπάνω παράγοντες. Αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα που ανακύπτει, καθώς πολλές χώρες δεν ευθύνονται για το ύψος των αποθέσεων Θείου εντός των συνόρων τους, ο *Maddison* (2007) υιοθετεί ένα μοντέλο στο οποίο φαίνεται ότι οι στρατηγικές επιλογές σε ένα παίγνιο μεταξύ γειτονικών χωρών, διαδραματίζουν ισχυρότερο ρόλο από το κατά κεφαλή εισόδημά τους.

Η περιβαλλοντική πολιτική, νομοθετήματα, κανονισμοί και θεσμοί που προσανατολίζονται στην αντιμετώπιση της ρύπανσης αναδεικνύονται σε σημαντικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της μείωσης των εκπομπών τους, καθορίζοντας τη μορφή της *EKC* καμπύλης. Ο *De Bruyn* (1997), εξέτασε την επίδραση της περιβαλλοντικής πολιτικής και ιδιαίτερα πώς το πρωτόκολλο του Όσλο (1994) για τη θέσπιση στόχων μείωσης των εκπομπών  $SO_2$ , επηρέασε τις εκπομπές. Τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι οι εφαρμοζόμενες πολιτικές παρά οι διαρθρωτικές αλλαγές στην παραγωγή εξηγούν καλύτερα τις παρατηρούμενες μειώσεις στα επίπεδα εκπομπών  $SO_2$ . Την ίδια χρονιά οι *Panayotou* (1997) και *Vincent* (1997), αναγνωρίζουν τον ρόλο της πολιτικής σαν κύριο προσδιοριστικό παράγοντα της περιβαλλοντικής ποιότητας, πέρα από το εισόδημα. Ο *Panayotou* (1997) εξηγεί και αποδίδει τη μείωση των εκπομπών στην εφαρμοζόμενη περιβαλλοντική πολιτική και τους θεσμούς, καθώς μειώνουν σημαντικά την περιβαλλοντική υποβάθμιση στις χώρες

χαμηλού εισοδήματος, ενώ επιταχύνουν τη βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας στις χώρες υψηλού εισοδήματος, δίνοντας στην *EKC* καμπύλη μια πιο πεπλατυσμένη μορφή. Ο *Vincent* (1997), αντλώντας δεδομένα από διάφορες διοικητικές περιοχές της Μαλαισίας, αποδίδει την αδυναμία εύρεσης *EKC* σχέσης ποιότητας περιβάλλοντος-εισοδήματος μεταξύ τεσσάρων περιβαλλοντικών δεικτών (*SPM*, *SO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, και *CO*), στη βαρύτητα των πολιτικών επιλογών που αφορούν στον καθορισμό του περιβαλλοντικού αποτελέσματος της οικονομικής δραστηριότητας.

Στο ίδιο μήκος κύματος, ο *Rock* (1996), εξετάζει την ένταση της ρύπανσης ως δείκτη περιβαλλοντικής ποιότητας σε σχέση με το εισόδημα, τη βιομηχανική παραγωγή ως ποσοστό του συνολικού ΑΕΠ, την ενεργειακή εξάρτηση του ΑΕΠ και μια σειρά μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν την κυβερνητική πολιτική εξαγωγών-εισαγωγών, σε ένα δείγμα πλούσιων και φτωχών χωρών. Τα ευρήματα της μελέτης επιβεβαιώνουν την υπόθεση του συγγραφέα ότι υπό ορισμένες συνθήκες, ο προσανατολισμός της εμπορικής πολιτικής μιας χώρας μπορεί να επηρεάσει την ένταση της ρύπανσης και κατ' επέκταση τις εκπομπές ρύπων. Στο ίδιο πλαίσιο, οι *Binder* και *Neumayer* (2005), *Dasgupta et al.* (2006), *Cole* (2007), και *Bernauer* και *Koubi* (2009), εξέτασαν και μια σειρά άλλων προσδιοριστικών παραγόντων κοινωνικού και πολιτικού χαρακτήρα ως προσδιοριστικών παραγόντων της περιβαλλοντικής ποιότητας, διερευνώντας την *EKC* υπόθεση. Οι *Binder* και *Neumayer* (2005), πρώτοι εξέτασαν την επίδραση της δύναμης των περιβαλλοντικών μη κυβερνητικών οργανώσεων (*ENGO*) στον έλεγχο των συγκεντρώσεων *SO<sub>2</sub>*, βαριών αιωρούμενων σωματιδίων (*smoke*) και βαριών σωματιδίων. Χρησιμοποιώντας *panel* δεδομένα για 35 χώρες και για την περίοδο 1977-1988, έδειξαν ότι οι *ENGO* έχουν σημαντική αρνητική επίδραση στις συγκεντρώσεις των ρύπων έτσι ώστε η ενδυνάμωσή τους να αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη στρατηγική για τη μείωσή τους.

Οι *Dasgupta et al.* (2006), επεκτείνουν το *EKC* μοντέλο συμπεριλαμβάνοντας ένα νέο δείκτη περιβαλλοντικής διακυβέρνησης και γεωγραφικών-μετεωρολογικών χαρακτηριστικών, που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ρύπων και ορίζουν το βαθμό επιρρέειας των συγκεκριμένων περιοχών. Λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις από 340 σταθμούς σε 170 πόλεις για τα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (*TSP*) και για μια περίοδο 14 ετών από το 1986 έως το 1999, έδειξαν ότι οι δύο παραπάνω παράγοντες ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την παρατηρούμενη διακύμανση των επιπέδων ρύπανσης μεταξύ των αναπτυσσόμενων χωρών.

Συνοψίζοντας, οι επιδράσεις του εισοδήματος στην ποιότητα του περιβάλλοντος, όπως αυτές ορίζονται στην κλασσική *EKC* υπόθεση, ενισχύονται θετικά και σημαντικά από

την περιβαλλοντική διακυβέρνηση, τη γεωγραφική επιρρέπεια, τον πληθυσμό και τη διάρθρωση της βιομηχανίας.

Ο *Cole* (2007), υποβάλει τη σχέση μεταξύ διαφθοράς και περιβάλλοντος σε εμπειρική διερεύνηση, χρησιμοποιώντας στοιχεία από 94 χώρες για την περίοδο 1987-2000. Εκτιμώντας από κοινού δύο υποδείγματα με τη χρήση τυχαίων επιδράσεων, δείχνει ότι η διαφθορά έχει ευθεία θετική επίδραση στις κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  και  $CO_2$ , ενώ μεγαλύτερη αλλά αρνητική έμμεση επίδραση στο εισόδημα. Το συνδυασμένο αποτέλεσμα των δύο παραπάνω τάσεων στα επίπεδα των εκπομπών είναι αρνητικό για όλες τις χώρες πλην αυτών με υψηλό κατά κεφαλή εισόδημα. Οι *Bernauer* και *Koubi* (2009), ασχολήθηκαν με την εμπειρική διερεύνηση των θεωριών για την παροχή δημόσιων αγαθών, χρησιμοποιώντας δεδομένα συγκεντρώσεων  $SO_2$ , για 107 χώρες από το 1971 έως το 1976. Η μελέτη υποστηρίζει την υπόθεση ότι ο βαθμός εκδημοκρατισμού έχει μια αυτόνομη θετική επίδραση στην ποιότητα της ατμόσφαιρας αφενός, ενώ μεταξύ των δημοκρατικών καθεστώτων, η προεδρευόμενη δημοκρατία την προάγει περισσότερο από την κοινοβουλευτική δημοκρατία.. Τέλος και όσο αφορά την επίδραση των διάφορων ομάδων πίεσης που δραστηριοποιούνται στις δημοκρατίες, βρέθηκε ότι η δύναμη των εργατικών συνδικάτων ασκεί πιέσεις στη ποιότητα του περιβάλλοντος, ενώ αντίθετα η δύναμη των περιβαλλοντικών οργανώσεων έχει το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα.

Τέλος, μια μεγάλη ποικιλία μελετών που αναφέρονται σε ανασκοπήσεις μεθόδων έρευνας, ευρημάτων, τεχνικών εκτίμησης και ερμηνευτικής προσέγγισης των αποτελεσμάτων των εμπειρικών μελετών, έχει εμπλουτίσει τη βιβλιογραφία των *EKC* (*Cropper and Griffiths* 1994, *Stern et al.* 1996, *Grossman and Krueger* 1996, *Barbier* 1997, *Kaufmann et al.* 1998, *Stern* 1998, *Agras and Chapman* 1999, *Perman and Stern* 1999, *Dasgupta et al.* 2002, *Copeland and Taylor* 2003, *Zarzoso and Moranco* 2003, *Webber and Allen* 2004, *Yandle et al.* 2004, *Winslow* 2005, *Johansson and Kriström* 2007, *Carson* 2010). Η αναφορά σε κάθε μία από αυτές τις μελέτες, ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στα σχετικά άρθρα.



## Κεφάλαιο 3

### Δεδομένα

#### 3.1. Πληθυσμιακά στοιχεία

Για τον υπολογισμό των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  και του κατά κεφαλή εισοδήματος, οι αντίστοιχες ποσότητες διαιρέθηκαν με τον αντίστοιχο πληθυσμό κάθε χώρας της μελέτης. Ο λόγος για τον οποίο δε χρησιμοποιήθηκε απευθείας το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ όπως δίνεται στη βάση δεδομένων του Maddison (2010) αλλά προτιμήθηκε ο υπολογισμός του από τα αρχικά δεδομένα του ΑΕΠ και του πληθυσμού, είναι ότι παρατηρήθηκε μικρή απόκλιση στο κατά κεφαλή ΑΕΠ για κάποιες χώρες μεταξύ αυτών και στα υπολογισμένα εκ νέου, δεδομένα. Επιπλέον, η βάση δεδομένων των εκπομπών  $SO_2$  που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, δεν περιλαμβάνει τις κατά κεφαλή ποσότητες, και θα πρέπει αυτές να υπολογιστούν.

Τα πληθυσμιακά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία συλλέχτηκαν από τον Maddison (2010), και δίνονται σε χιλιάδες κατοίκους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στο *Revision of Population Estimates (March 2009)* (Maddison, 2010). Πλήρη δεδομένα για τις δώδεκα δυτικοευρωπαϊκές χώρες που εξετάζονται, υπάρχουν για την περίοδο 1820 έως 2009 και αφορούν 190 χρονικές περιόδους, οι οποίες υπερκαλύπτουν τις περιόδους των λοιπών δεδομένων των εκπομπών  $SO_2$  και του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος GDP.

Τα *panel* δεδομένα του πληθυσμού των δώδεκα δυτικοευρωπαϊκών χωρών, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρατίθενται σε ηλεκτρονική μορφή στο παράρτημα 1.

#### 3.2. Κατά κεφαλή εκπομπές $SO_2$ (Sc)

Τα δεδομένα για τις εκπομπές  $SO_2$  καλύπτουν την περίοδο 1850 έως 2002 με μονάδα μέτρησης τους χίλιους μετρικούς τόνους ανά έτος ( $\times 10^6$  Kg) και αφορούν 153 χρονικές περιόδους. Αποτελούν συνεχείς χρονολογικές σειρές ετήσιων μετρήσεων των μέσων εκπομπών  $SO_2$  και για τις 12 χώρες της μελέτης. Τα δεδομένα αυτά έχουν συλλεχτεί, επεξεργαστεί και συμπληρωθεί όπου χρειάστηκε, από τον Stern (2010).

Για την εκτίμηση των εκπομπών  $SO_2$  για κάθε χώρα ο Stern χρησιμοποίησε προηγούμενα δημοσιευμένα στοιχεία (Stern 2005, 2006). Βασικά στοιχεία για την

πραγματοποίηση των εκτιμήσεων αποτέλεσαν η βάση δεδομένων «ASL και συνεργάτες» που καλύπτει την περίοδο 1850-1990 για ανεξάρτητες χώρες (Lefohn et al. 1999), η δουλειά των Olivier και Berdowski στο βιβλίο των Berdowski Guicherit και Heij (2001) με εκτιμήσεις για το 1990 και 1995 για όλες τις χώρες του κόσμου, η Μυλωνά (1996) με εκτιμήσεις ανά 5ετία από το 1880 έως το 1980 για τις χώρες της Ευρώπης και τέλος μια σειρά επίσημων πηγών που περιλαμβάνουν στοιχεία από εθνικές κυβερνήσεις καθώς και διεθνείς οργανισμούς που συλλέγουν στοιχεία με τη μορφή αναφορών από εθνικές κυβερνήσεις όπως η ιστοσελίδα της EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme* [www.emep.int](http://www.emep.int)) και οι δημοσιεύσεις του OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development, Environmental Data Compendium 2004*). Οι μέθοδοι που ακολούθησε για την πραγματοποίηση των εκτιμήσεων είναι οι *Econometric emissions frontier method*, *Environmental Kuznets curve model* και *Growth rate method* (Stern 2002, 2004, 2005, 2006).

Η μετατροπή των δεδομένων σε κατά κεφαλή ποσότητες ( $Sc$ ) έγινε με τη διαίρεση των τιμών των εκπομπών  $SO_2$  όπως παρατίθενται από τον Stern (2010), με τον αντίστοιχο πληθυσμό της κάθε χώρας. Τα πληθυσμιακά στοιχεία ελήφθησαν από τον Maddison (2010) σε χιλιάδες κατοίκους. Οι κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  ανήχθησαν σε κιλά ( $Kg$ ). Ο λόγος για τη χρήση των κατά κεφαλή ποσοτήτων είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος της κλίμακας, καθώς στην παρούσα εργασία περιλαμβάνονται χώρες με σημαντικά μεγάλες διαφορές στα συνολικά επίπεδα των εκπομπών  $SO_2$  και  $GDP$ .

Τα *panel* δεδομένα των εκπομπών  $SO_2$ , του πληθυσμού και των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  ( $Sc$ ) που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρατίθενται σε ηλεκτρονική μορφή στο παράρτημα 1.

### 3.3. Κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ( $GDPc$ )

Τα δεδομένα για το κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν των δώδεκα Ευρωπαϊκών χωρών (στο εξής  $GDPc$ ), είναι σε μορφή δολαρίων 1990 πραγματικής αγοραστικής δύναμης. Πλήρη στοιχεία και για τις δώδεκα χώρες, καλύπτουν την περίοδο 1870 έως 2008 και αφορούν 139 χρονικές περιόδους. Τα στοιχεία για το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν συλλέχθηκαν από τον Maddison (2010) και δίνονται σε εκατομμύρια δολάρια ( $\times 10^6$  \$) πραγματικής αγοραστικής δύναμης (1990  $PPP\$$ ). Λεπτομερείς αναφορές σε πηγές για την συλλογή των στοιχείων υπάρχουν σε τρεις δημοσιεύσεις του OECD από τον ίδιο συγγραφέα (Maddison 1995, 2001, 2006). Σε κάποιες περιπτώσεις τα δεδομένα για το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν που έλειπαν, συμπληρώθηκαν με τη χρήση παραδοχών. Για παράδειγμα το

ακαθάριστο εγχώριο προϊόν της Ελβετίας θεωρήθηκε ότι κινούνταν παράλληλα με αυτό της Γερμανίας για την περίοδο 1871 έως 1898. Επίσης, έγιναν προσαρμογές στα δεδομένα για την ενσωμάτωση των επιπτώσεων από τις αλλαγές των συνόρων στην Ευρώπη.

Η μετατροπή των δεδομένων σε κατά κεφαλή ποσότητες (*GDPc*) έγινε με τη διαίρεση των τιμών του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος όπως αυτό παρατίθενται από τον Maddison (2010), με τον αντίστοιχο πληθυσμό της κάθε χώρας. Τα πληθυσμιακά στοιχεία ελήφθησαν από τον Maddison (2010) σε χιλιάδες κατοίκους. Το κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ανήχθη σε δολάρια (\$).

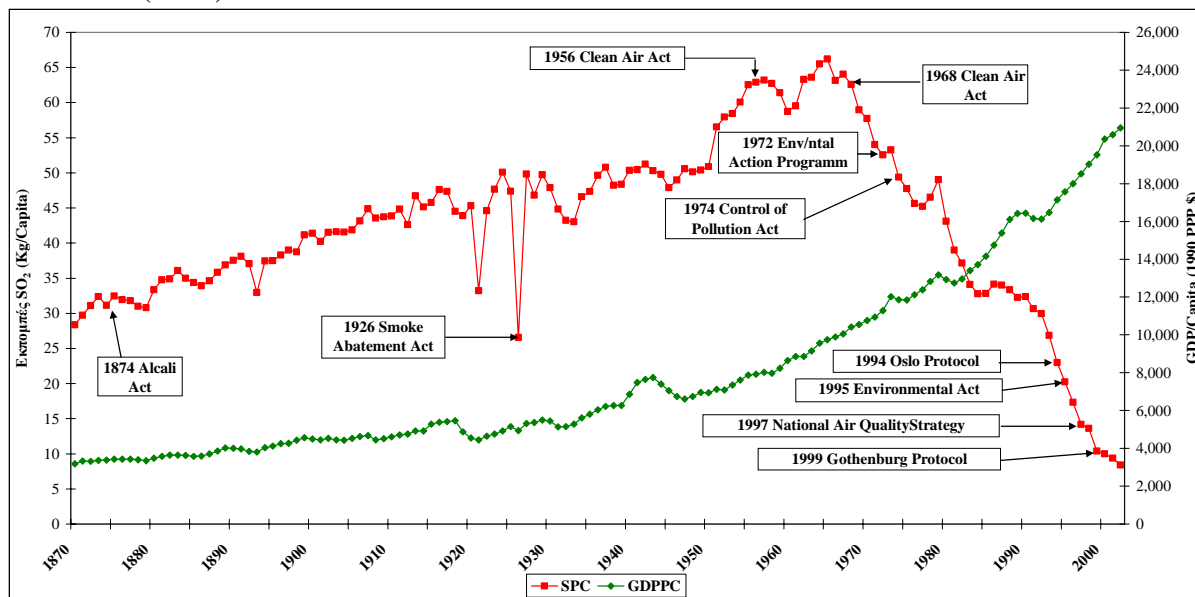
Τα *panel* δεδομένα για το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν που αφορούν τις δώδεκα χώρες, της παρούσας εργασίας, παρατίθενται σε ηλεκτρονική μορφή στο παράρτημα 1.

### 3.4. Εθνικές και διεθνείς νομοθεσίες και κανονισμοί (*Regulations REG*)

Οι μεταβλητές *REG*, σχετίζονται με τις επιβαλλόμενες κάθε φορά εθνικές ή διεθνείς νομοθετικές ρυθμίσεις (πρωτόκολλα, κανονισμοί και συμβάσεις) για την προστασία του περιβάλλοντος, που οι διάφορες χώρες οφείλουν να ακολουθήσουν. Η χρήση αυτών των μεταβλητών έχει στόχο την αποτύπωση της αποτελεσματικότητας των αντίστοιχων εθνικών ή διεθνών πολιτικών παρακολούθησης, ελέγχου και επιβολής μέτρων αντιρρύπανσης. Στον πίνακα 1 του παραρτήματος 2, παρουσιάζονται οι ημερομηνίες κλειδιά των νομοθετημάτων από το 1972 έως το 2001, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα επίπεδα των εκπομπών *SO<sub>2</sub>* των ευρωπαϊκών χωρών, ενώ στον πίνακα 2 του ίδιου παραρτήματος παρουσιάζονται παρόμοια νομοθετήματα που αφορούν το Ηνωμένο Βασίλειο από το 1874. Ο λόγος που παρουσιάζεται με ιδιαίτερο τρόπο η εξέλιξη των εκπομπών *SO<sub>2</sub>*, του *GDP* και των *REG* για το Ηνωμένο Βασίλειο, είναι ότι η προσπάθεια επιβολής μέτρων αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη χώρα, ξεκινά από το 1874 με την εφαρμογή μιας σειράς νομοθετημάτων για την αντιμετώπιση των νομικών και οικονομικών επιπτώσεων της ρύπανσης από τη χημική βιομηχανία, πολύ πριν τη δημιουργία της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας (ΕΟΚ) (Garwood 2004). Στο διάγραμμα 3.4.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των κατά κεφαλή εκπομπών Θείου (*SPC*) και του καθαρού κατά κεφαλή ΑΕΠ (*GDPc*) στο Ηνωμένο Βασίλειο για την περίοδο 1870-2002, μαζί με τις ημερομηνίες κάποιων νομοθετικών πράξεων κλειδιά.

Η πιο μεγάλη πτώση των κατά κεφαλή εκπομπών σημειώθηκε το 1926 σαν συνέπεια της πράξης για την αντιμετώπιση της αιθαλομίχλης, με περιορισμένη όμως διάρκεια. Οι εκπομπές στο αμέσως επόμενο διάστημα επέστρεψαν στα προηγούμενα επίπεδά τους.

**Διάγραμμα 3.4.1:** Κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), κατά κεφαλή πραγματικό ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (1870-2002) και επιλεγμένες νομοθετικές πράξεις για την ατμοσφαιρική ρύπανση στο Ηνωμένο Βασίλειο. Πηγή: Markandya et. al. (2006), Stern (2010), Maddison (2010)



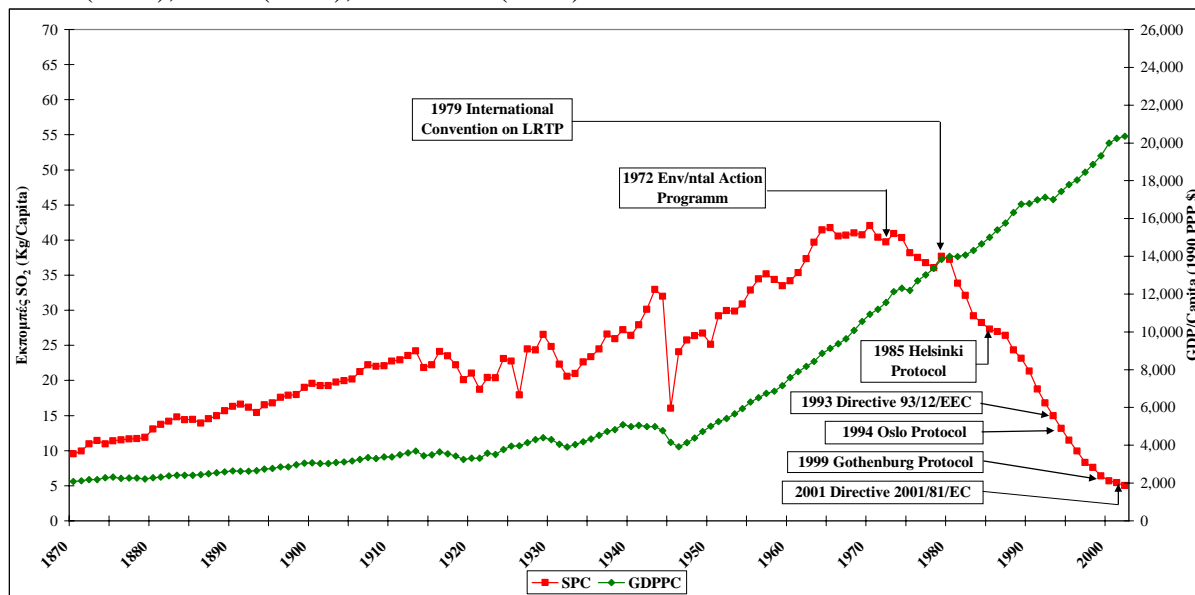
Αντίθετα, οι νομοθετικές ρυθμίσεις και κανονισμοί μετά το 1956 παρουσίασαν μια μεγαλύτερη σταθερότητα όσο αφορά τα αποτελέσματά τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση, μειώνοντας τα επίπεδα των εκπομπών σταθερά (αν και παρουσιάστηκαν πρόσκαιρες διακυμάνσεις 1960-1965, 1977-1979 και 1984-1986). Την ίδια περίοδο δεν παρατηρείται αντίστοιχη πτώση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Οι διάφορες διακυμάνσεις του ΑΕΠ έχουν μικρή διάρκεια και μέγεθος χωρίς να διακόπτουν την εξέλιξή του.

Στο διάγραμμα 3.4.2 παρουσιάζεται η εξέλιξη των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  (SPC) και του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ (GDPPC), για τα συναθροιστικά στοιχεία (μέσες τιμές) της ζώνης των 12 δυτικοευρωπαϊκών χωρών που εξετάζονται στην παρούσα εργασία και για την περίοδο 1870-2002, μαζί με τις ημερομηνίες κάποιων νομοθετικών πράξεων κλειδιά.

Για το σύνολο των 12 χωρών παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  και του κατά κεφαλή ΑΕΠ, όπως και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Από το 1957 οπότε και ιδρύθηκε η Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (ΕΟΚ) περιλαμβάνοντας έξι κράτη μέλη και την πρώτη διεύρυνση που πραγματοποιήθηκε το 1973 ανεβάζοντας τον αριθμό των κρατών μελών από έξι σε εννέα, οι κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  μειώνονται σταθερά. Φαίνεται ότι η επιμονή της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον περιβαλλοντικό

προσανατολισμό της, έδωσε καρπούς χωρίς ταυτόχρονα να επηρεαστεί η πορεία ανάπτυξης του πραγματικού ΑΕΠ και του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων στις χώρες της μελέτης.

**Διάγραμμα 3.4.2:** Κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), κατά κεφαλή πραγματικό ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (1870-2002) και επιλεγμένες νομοθετικές πράξεις για την ατμοσφαιρική ρύπανση στο σύνολο των 12 χωρών της παρούσης εργασίας. Πηγή: Markandya et. al. (2006), Stern (2010), Maddison (2010)



Στον πίνακα 3.4.1 παρουσιάζονται σύντομα περιγραφικά στατιστικά των χρονολογικών σειρών του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ και των κατά κεφαλή εκπομπών SO<sub>2</sub> για τις 12 χώρες της εργασίας, ξεχωριστά και ως σύνολο.

Το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ που αποτελεί το μέτρο του βιοτικού επιπέδου, αυξήθηκε κατά 9,78 φορές στη ζώνη των δώδεκα χωρών κατά μέσο όρο και για την περίοδο 1870-2002, παρουσιάζοντας ένα ελάχιστο 6,56 φορές για το ηνωμένο Βασίλειο και ένα μέγιστο 18,9 φορές για τη Νορβηγία. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης για το σύνολο των 12 δυτικοευρωπαϊκών χωρών είναι 1,74% με διακύμανση από 1,44% για το Ηνωμένο Βασίλειο έως 2,25% για τη Νορβηγία. Στον πίνακα 3.4.2, παρουσιάζονται τα στοιχεία για την εξέλιξη του πραγματικού ΑΕΠ για τις 12 χώρες της εργασίας ξεχωριστά και ως σύνολο.

Αντίθετα με το κατά κεφαλή ΑΕΠ, οι κατά κεφαλή εκπομπές SO<sub>2</sub> δεν παρουσιάζουν μια σταθερή συμπεριφορά. Συγκεκριμένα, για κάθε μια χώρα ξεχωριστά αλλά και για το σύνολό τους, δείχνουν μία αυξητική (με μειούμενο ρυθμό) τάση έως ενός χρονικού σημείου, ενώ στη συνέχεια υποχωρούν σταθερά έως και το 2002 που είναι και το τελευταίο έτος που καλύπτει η παρούσα εργασία. Το έτος των μέγιστων εκπομπών διαφέρει από χώρα σε χώρα όμως η περίοδος αυτή κυμαίνεται μεταξύ των ετών 1912-1980: για παράδειγμα για την

Αυστρία η χρονιά όπου παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες εκπομπές ήταν το 1912, για τη Δανία το 1970, και για τη Φινλανδία το 1980.

**Πίνακας 3.4.1:** Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, των 12 χωρών της δυτικής Ευρώπης

Χώρα	Κατά κεφαλή εκπομπές SO <sub>2</sub> (Kg/Capita) 1870-2002					Πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ (1990 PPP \$) 1870-2002				
	Min		Max		M.O.	Min		Max		M.O.
	Kg / Cap.	Έτος	Kg / Cap.	Έτος	Kg / Cap.	1990 PPP \$	Έτος	1990 PPP \$	Έτος	1990 PPP \$
Αγγλία	8.37	2002	66.20	1965	42.46	3,190	1870	20,946	2002	7,937
Αυστρία	2.16	2000	46.97	1912	16.29	1,725	1945	20,956	2002	6,454
Βέλγιο	7.32	2002	59.38	1965	27.74	2,682	1871	21,033	2002	7,343
Γαλλία	2.68	1870	37.42	1973	12.75	1,876	1870	20,778	2002	7,009
Γερμανία	3.71	2002	67.97	1944	31.70	1,817	1871	19,157	2001	6,751
Δανία	2.01	1870	58.23	1970	17.10	1,993	1871	23,083	2002	7,940
Ελβετία	0.54	1945	26.99	1967	7.43	2,102	1870	22,594	2001	9,391
Ιταλία	0.29	1945	33.28	1980	7.59	1,467	1881	19,107	2002	5,906
Νορβηγία	1.04	1870	31.04	1949	10.31	1,360	1870	25,733	2002	6,984
Ολλανδία	2.64	2002	39.44	1965	13.30	2,649	1944	22,433	2001	7,670
Σουηδία	1.13	1870	60.37	1968	18.49	1,359	1870	21,361	2002	7,286
Φινλανδία	0.12	1870	61.09	1980	15.19	1,110	1881	20,522	2002	5,781
Σύνολο Χωρών	5.02	2002	42.09	1970	23.44	2,080	1870	20,347	2002	7,006

Πηγή: Stern (2010), Maddison (2010)

Στη συνέχεια, οι παραπάνω συνολικές μεταβολές των ρυθμών αύξησης του καθαρού κατά κεφαλή ΑΕΠ και των κατά κεφαλή εκπομπών SO<sub>2</sub> για την περίοδο 1870-2002, εξετάζονται κατά περιόδους καθώς μια σειρά σημαντικών γεγονότων τα επηρέασαν από το 1870. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται πέντε τέτοιες περίοδοι, από τις οποίες οι τέσσερις πρώτοι οριοθετήθηκαν από τον Maddison (1995), ενώ η τελευταία καλύπτει την περίοδο έως και το 2002. Στους πίνακες 3.4.3 και 3.4.4, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τους μέσους ρυθμούς αύξησης των πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ και κατά κεφαλή εκπομπών SO<sub>2</sub>, για τις δώδεκα χώρες ξεχωριστά και στο σύνολό τους. Οι περίοδοι που εξετάζονται είναι (Markandya et. al., 2006):

**Πίνακας 3.4.2:** Εξέλιξη του πραγματικού ΑΕΠ των 12 χωρών της δυτικής Ευρώπης

Χώρα	Εξέλιξη του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ (1870-2002)	
	Συνολική αύξηση ΑΕΠ	Μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης ΑΕΠ
<b>Αγγλία</b>	656.51%	1.44%
<b>Αυστρία</b>	1125.09%	1.85%
<b>Βέλγιο</b>	781.45%	1.57%
<b>Γαλλία</b>	1107.75%	1.84%
<b>Γερμανία</b>	1040.76%	1.79%
<b>Δανία</b>	1152.30%	1.87%
<b>Ελβετία</b>	1072.10%	1.81%
<b>Ιταλία</b>	1274.36%	1.95%
<b>Νορβηγία</b>	1891.96%	2.25%
<b>Ολλανδία</b>	808.94%	1.60%
<b>Σουηδία</b>	1571.78%	2.11%
<b>Φινλανδία</b>	1800.65%	2.21%
<b>Σύνολο Χωρών</b>	978.35%	1.74%

Πηγή: Maddison A. (2010)

- 1870-1913: Η προπολεμική περίοδος που χαρακτηρίζεται από σημαντική κινητικότητα των συντελεστών παραγωγής και βελτιωμένων επικοινωνιών. Οι μέσοι ρυθμοί ανάπτυξης του πραγματικού ΑΕΠ και των εκπομπών  $SO_2$  είναι θετικοί. Εννέα από τις δώδεκα χώρες της μελέτης, μετακινήθηκαν σε σταθερές συναλλαγματικές αξίες υιοθετώντας το πρότυπο του χρυσού που ήδη εφάρμοζε το Ηνωμένο Βασίλειο από το 1921.
- 1913-1950: Η περίοδος 1913-1950 χωρίζεται περαιτέρω σε τέσσερις υποπεριόδους οι οποίες καθορίζονται από τους δύο παγκόσμιους πολέμους που την χαρακτήρισαν. Έτσι, διακρίνουμε τις περιόδους του Α' παγκόσμιου πολέμου 1913-1918, την περίοδο του μεσοπολέμου 1918-1939, την περίοδο του Β' παγκόσμιου πολέμου 1939-1945 και τέλος την μεταπολεμική περίοδο 1945-1950. Το πραγματικό ΑΕΠ μειώθηκε σημαντικά και λόγω των δύο πολέμων αλλά και εξ' αιτίας ποσοτικών περιορισμών στο διεθνές εμπόριο και συνάλλαγμα. Η εξέταση των δεδομένων αυτής της περιόδου, δείχνει αρνητικούς ή μειωμένους ρυθμούς αύξησης των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  καθώς και των ρυθμών ανάπτυξης του κατά κεφαλή ΑΕΠ κατά τη διάρκεια των πολέμων, σε σχέση με τις προηγούμενες περιόδους.

**Πίνακας 3.4.3:** Μέσοι ρυθμοί αύξησης του καθαρού κατά κεφαλή ΑΕΠ κατά τις διάφορες περιόδους ανάπτυξης, 1870-2002.

Χώρα	1870-1913 <sup>2</sup>	1913-1950 <sup>3</sup>					1950-1973 <sup>4</sup>	1973-1994 <sup>5</sup>	1994-2002
		1913-1918	1918-1939	1939-1945	1945-1950	1913-1950			
<b>Αγγλία</b>	1.01%	2.10%	0.66%	2.01%	-0.33%	0.93%	2.42%	1.70%	2.54%
<b>Αυστρία</b>	1.45%	-5.92%	2.27%	-13.43%	16.53%	0.18%	4.94%	2.20%	2.09%
<b>Βέλγιο</b>	1.05%	-7.48%	2.84%	-2.84%	4.74%	0.70%	3.54%	1.85%	2.04%
<b>Γαλλία</b>	1.45%	-7.22%	3.36%	-9.85%	15.05%	1.08%	4.02%	1.63%	1.80%
<b>Γερμανία</b>	1.61%	-3.94%	2.87%	-2.96%	-2.98%	0.17%	5.02%	1.69%	1.47%
<b>Δανία</b>	1.57%	-2.43%	2.65%	-2.76%	6.51%	1.56%	3.08%	1.69%	1.91%
<b>Ελβετία</b>	1.66%	-2.29%	2.49%	3.35%	3.18%	2.06%	3.08%	0.60%	1.10%
<b>Ιταλία</b>	1.26%	5.76%	0.18%	-9.60%	12.75%	0.85%	4.95%	2.19%	1.66%
<b>Νορβηγία</b>	1.38%	-1.73%	3.31%	-1.81%	6.41%	2.18%	3.25%	2.96%	2.63%
<b>Ολλανδία</b>	0.90%	-3.70%	2.42%	-11.38%	17.42%	1.07%	3.45%	1.55%	2.68%
<b>Σουηδία</b>	1.92%	-1.70%	3.44%	-0.84%	4.42%	2.16%	3.22%	0.94%	2.85%
<b>Φινλανδία</b>	1.44%	-8.28%	4.44%	0.20%	4.28%	1.91%	4.25%	1.54%	3.75%
<b>Σύνολο Χωρών</b>	1.34%	-1.39%	1.88%	-3.34%	3.82%	0.83%	3.92%	1.74%	1.95%

Πηγή: Maddison (2010)

<sup>2</sup> Περίοδος που χαρακτηρίζεται από σημαντική κινητικότητα συντελεστών παραγωγής και βελτιωμένων επικοινωνιών. Προπολεμική εποχή.

<sup>3</sup> Περίοδος πολέμων και παγκόσμιας ύφεσης (Α' παγκόσμιος πόλεμος 1913-1918 και Β' παγκόσμιος πόλεμος 1939-1945).

<sup>4</sup> Χρυσή εποχή ανάπτυξης της οικονομίας που ακολούθησε την ισχυρή ύφεση της προηγούμενης περιόδου.

<sup>5</sup> Περίοδος που σηματοδύεται από την πετρελαϊκή κρίση και την εμφάνιση αδυναμιών του παγκόσμιου χρηματοοικονομικού συστήματος.



**Πίνακας 3.4.4:** Μέσοι ρυθμοί αύξησης των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  κατά τις διάφορες περιόδους ανάπτυξης, 1870-2002.

Χώρα	1870-1913 <sup>6</sup>	1913-1950 <sup>7</sup>					1950-1973 <sup>8</sup>	1973-1994 <sup>9</sup>	1994-2002
		1913-1918	1918-1939	1939-1945	1945-1950	1913-1950			
<b>Αγγλία</b>	1.17%	-0.97%	0.40%	-0.17%	1.23%	0.23%	0.20%	-3.92%	-11.86%
<b>Αυστρία</b>	2.26%	-8.93%	-0.18%	-19.41%	30.06%	-1.30%	3.08%	-9.35%	-4.90%
<b>Βέλγιο</b>	1.27%	-10.17%	4.83%	-11.81%	15.53%	1.15%	1.93%	-6.23%	-7.68%
<b>Γαλλία</b>	3.06%	-5.36%	2.96%	-7.34%	14.33%	1.50%	3.50%	-6.68%	-8.39%
<b>Γερμανία</b>	2.97%	-0.05%	0.67%	-16.58%	16.16%	-0.54%	2.30%	-5.41%	-16.15%
<b>Δανία</b>	3.99%	-11.37%	4.85%	-18.04%	32.48%	1.65%	3.24%	-5.14%	-20.45%
<b>Ελβετία</b>	4.60%	-9.89%	3.52%	-38.42%	76.45%	0.37%	2.26%	-9.07%	-5.95%
<b>Ιταλία</b>	2.62%	-9.05%	3.13%	-34.02%	68.31%	0.76%	8.90%	-4.00%	-8.69%
<b>Νορβηγία</b>	4.48%	-3.70%	5.63%	-20.04%	30.05%	2.56%	0.47%	-7.23%	-6.17%
<b>Ολλανδία</b>	2.72%	-14.65%	3.85%	-15.98%	27.77%	0.49%	0.98%	-7.17%	-7.09%
<b>Σουηδία</b>	5.58%	-11.81%	7.12%	-13.50%	21.47%	2.51%	1.53%	-9.63%	-5.17%
<b>Φινλανδία</b>	8.92%	-21.07%	9.37%	-9.03%	22.97%	3.20%	5.24%	-6.90%	-3.96%
<b>Σύνολο Χωρών</b>	2.19%	-1.70%	0.96%	-8.43%	9.40%	0.10%	2.14%	-5.25%	-11.35%

Πηγή: Maddison (2010)

<sup>6</sup> Περίοδος που χαρακτηρίζεται από σημαντική κινητικότητα συντελεστών παραγωγής και βελτιωμένων επικοινωνιών. Προπολεμική εποχή.

<sup>7</sup> Περίοδος πολέμων και παγκόσμιας ύφεσης (Α' παγκόσμιος πόλεμος 1913-1918 και Β' παγκόσμιος πόλεμος 1939-1945).

<sup>8</sup> Ισχυρή ανάπτυξη της οικονομίας που ακολούθησε την ύφεση της προηγούμενης περιόδου. Το 1972 τίθεται σε ισχύ η πρώτη οδηγία της Ε.Ε. για την ποιότητα της ατμόσφαιρας.

<sup>9</sup> Την περίοδο αυτή τίθενται σε ισχύ μια σειρά από οδηγίες της Ε.Ε. και διεθνείς κανονισμοί, σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας.

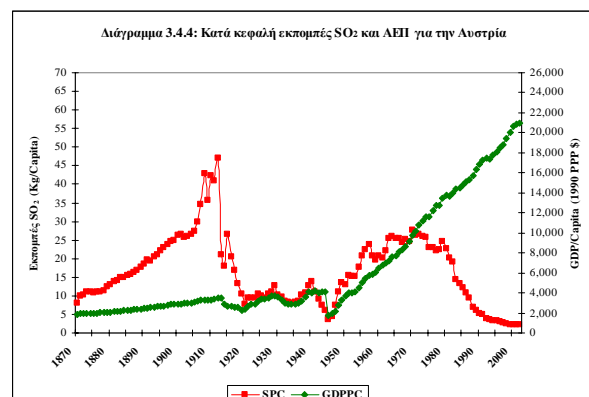
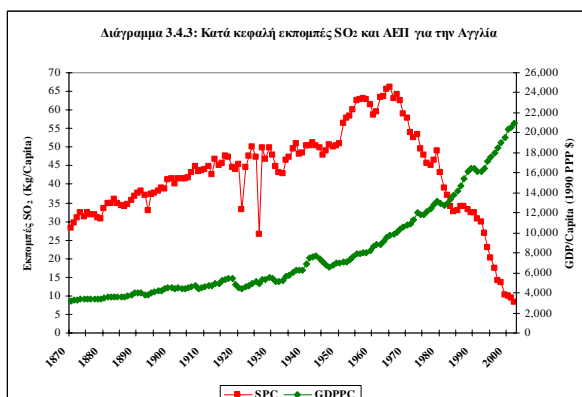
- 1950-1973: Η περίοδος αυτή αποτελεί τη χρυσή εποχή της ευημερίας καθώς η οικονομική ανάπτυξη και η παραγωγικότητα της εργασίας επιταχύνθηκαν στις χώρες της δυτικής Ευρώπης περισσότερο απ' ό τι στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. όπως παρατηρούμε στον πίνακα 3.4.3, η μέση ετήσια ανάπτυξη για τις χώρες της παρούσας εργασίας είναι υψηλότερη από όλες τις προηγούμενες περιόδους, με εξαίρεση την Αγγλία. Είναι η περίοδος της ίδρυσης διεθνών οργανισμών όπως ο Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (*Organization for Economic Cooperation and Development, OECD*), η Παγκόσμια Τράπεζα (*World Bank, WB*) και το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (*International Monetary Fund, IMF*). Όλες οι χώρες παρουσιάζουν υψηλότερους μέσους ρυθμούς αύξησης των εκπομπών SO<sub>2</sub> εκτός από την Αυστρία, τη Νορβηγία και τη Σουηδία, σε σχέση με την περίοδο 1913-1950. Η πρώτη Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (*Environmental Action Program*) τίθεται σε ισχύ το 1972.
- 1973-1994: Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από τις πληθωριστικές πιέσεις που αντιμετωπίζουν οι κυβερνήσεις, την κατάρρευση του συστήματος *Bretton Woods*<sup>10</sup> και την πετρελαϊκή κρίση το 1973-1974. Το κατά κεφαλή ΑΕΠ και η παραγωγικότητα της εργασίας επιβραδύνθηκαν για το σύνολο των 12 χωρών της παρούσας εργασίας σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Παρ' όλα αυτά όμως, οι μέσοι ετήσιοι ρυθμοί ανάπτυξης των υπό μελέτη χωρών διατηρήθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την περίοδο πριν το 1950 και με μικρότερο βαθμό αστάθειας καθώς οι οικονομίες των χωρών έγιναν πιο εξωστρεφείς δίνοντας ώθηση στο εμπόριο και τις διεθνείς συναλλαγές. Ο δείκτης εμπορικής δραστηριότητας (*trade to GDP ratio* που αποτελεί το λόγο του αθροίσματος των εισαγωγών και εξαγωγών μιας οικονομίας προς το ΑΕΠ), αυξήθηκε μετά το 1973. Εξαίρεση αποτελούν η Ελβετία, η Σουηδία και η Φινλανδία, καθώς τη συγκεκριμένη περίοδο εμφανίζουν, αν και θετικούς, χαμηλότερους μέσους ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης σε σχέση με την περίοδο πριν το 1950. Οι μέσοι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης των κατά κεφαλή εκπομπών SO<sub>2</sub> περνούν σε αρνητικά επίπεδα για το σύνολο των 12 δυτικοευρωπαϊκών χωρών. Μια σειρά σημαντικών Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και διεθνών κανονισμών τίθενται σε ισχύ στοχεύοντας στον περιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων συμπεριλαμβανομένων και του SO<sub>2</sub>, από οχήματα, σταθμούς παραγωγής ενέργειας, αποτεφρωτήρες και μεγάλες βιομηχανικές μονάδες.

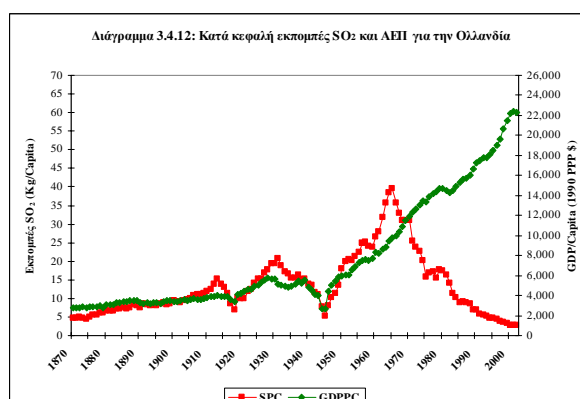
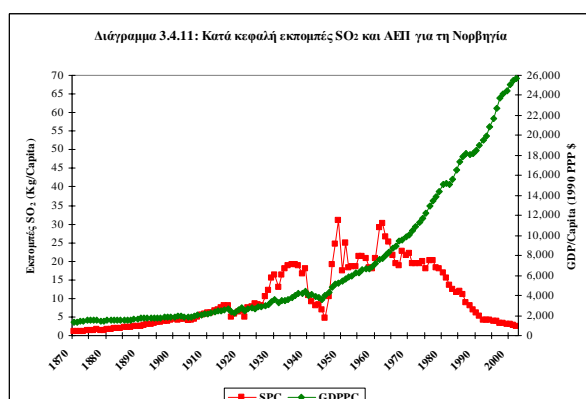
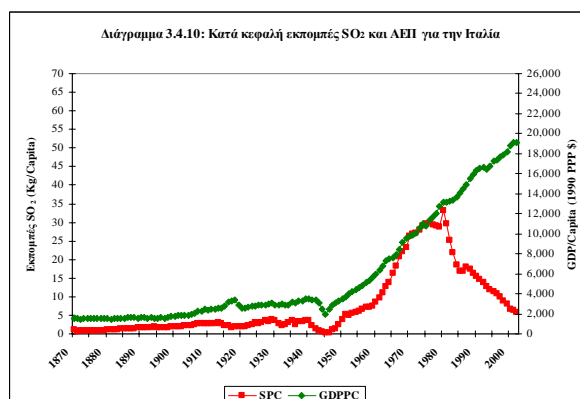
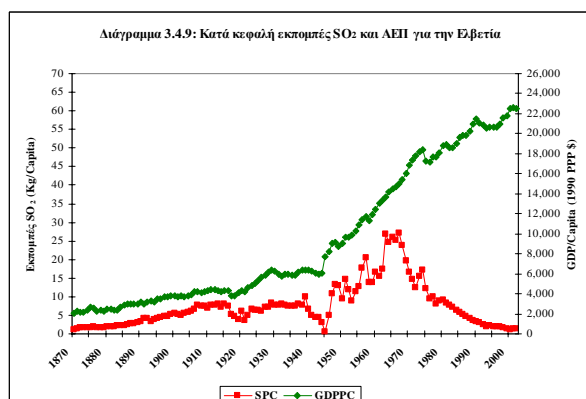
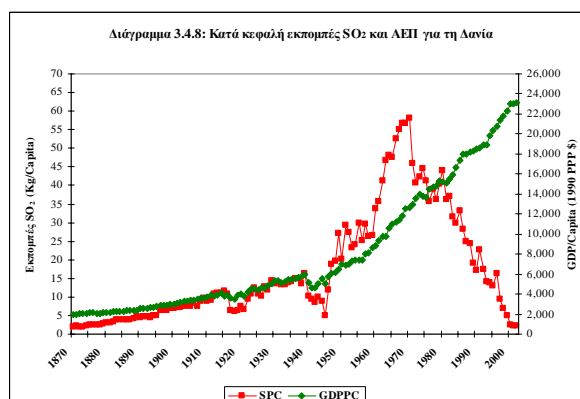
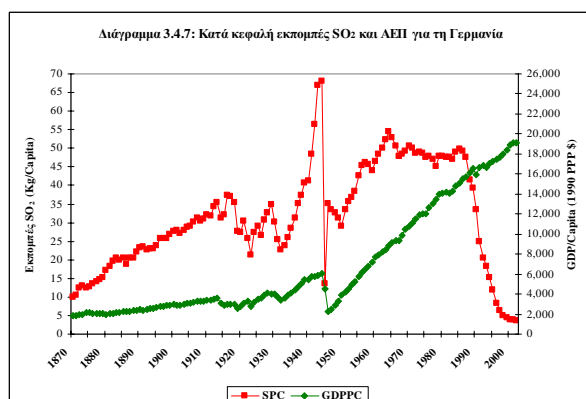
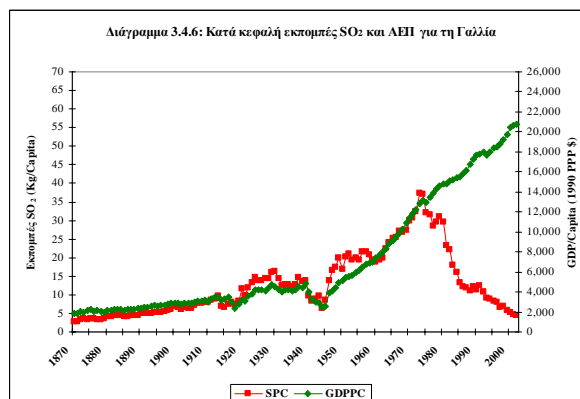
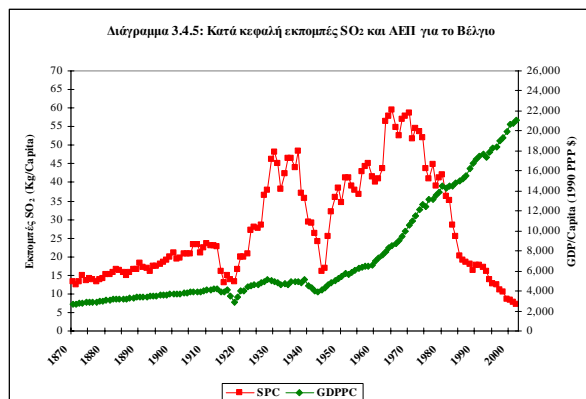
<sup>10</sup> 1944: Το Bretton Woods system για τη νομισματική διαχείριση, έθεσε τους κανόνες των χρηματοοικονομικών και εμπορικών σχέσεων μεταξύ των μεγαλύτερων βιομηχανικών χωρών.

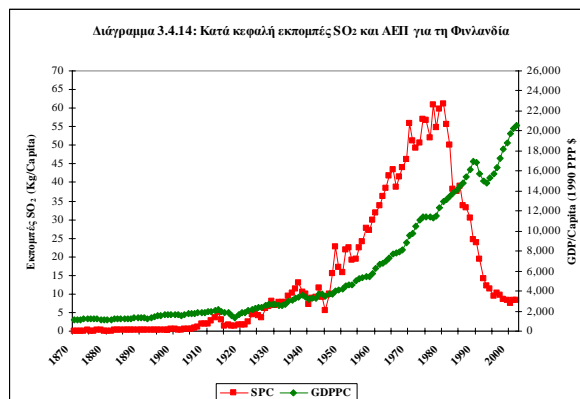
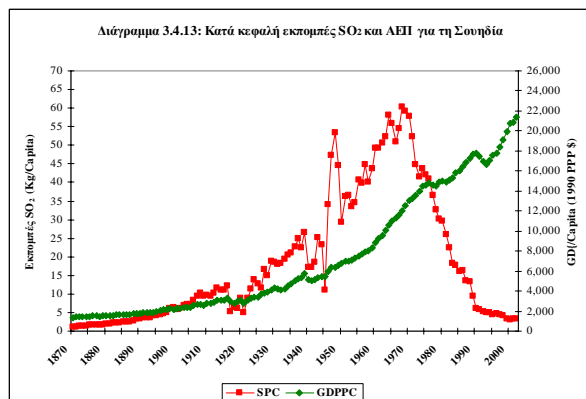
- 1994-2002: Οι μέσοι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ, είναι υψηλότεροι αυτή την περίοδο σε σχέση με τις προηγούμενες (εκτός της εποχής 1950-1973) για οχτώ από τις 12 χώρες της δυτικής Ευρώπης. Η Αυστρία, η Γερμανία, η Ιταλία και η Νορβηγία, παρουσιάζουν μειωμένους ρυθμούς ανάπτυξης σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Οι κατά κεφαλή εκπομπές SO<sub>2</sub>, εξακολουθούν να έχουν αρνητικούς ρυθμούς ανάπτυξης. Δύο διεθνείς κανονισμοί για την ατμοσφαιρική ρύπανση τίθενται σε ισχύ: α) το πρωτόκολλο του Όσλο (1994), σύμφωνα με το οποίο οι δυτικοευρωπαϊκές χώρες θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές SO<sub>2</sub> κατά 70%-80% σε σχέση με τα επίπεδα του 1980 και β) το πρωτόκολλο του Γκότενμπουργκ (1999), σύμφωνα με το οποίο οι εκπομπές SO<sub>2</sub> θα πρέπει να μειωθούν τουλάχιστο κατά 63% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

Στη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης το κατά κεφαλή ΑΕΠ αυξήθηκε με γρήγορους ρυθμούς κυρίως μετά το Β' παγκόσμιο πόλεμο. Από την άλλη μεριά οι εκπομπές SO<sub>2</sub> που μέχρι εκείνη τη στιγμή αναπτύσσονταν με γρηγορότερους ρυθμούς απ' ότι το ΑΕΠ σε ορισμένες χώρες, άρχισαν να επιβραδύνονται και τελικά να μειώνονται. Το μοτίβο είναι σταθερό για κάθε χώρα που εξετάζεται, με παρατηρημένες μειώσεις εκπομπών από τη δεκαετία του '70 για όλες τις χώρες. Στην εικόνα 3.4.1, παρατίθενται τα διαγράμματα 3.4.3 έως 3.4.14 στα οποία παρουσιάζεται η εξέλιξη του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ και των κατά κεφαλή εκπομπών SO<sub>2</sub> για κάθε χώρα ξεχωριστά και για την περίοδο 1870-2002.

**Εικόνα 3.4.1:** Κατά κεφαλή εκπομπές SO<sub>2</sub> και ΑΕΠ (1870-2002) για κάθε χώρα ξεχωριστά



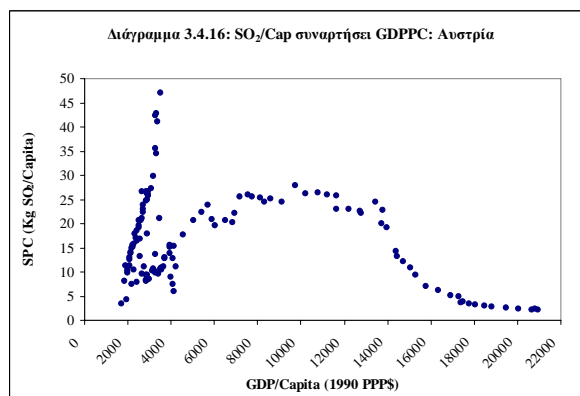
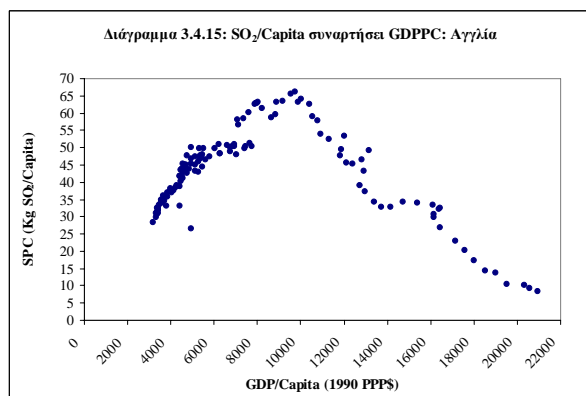


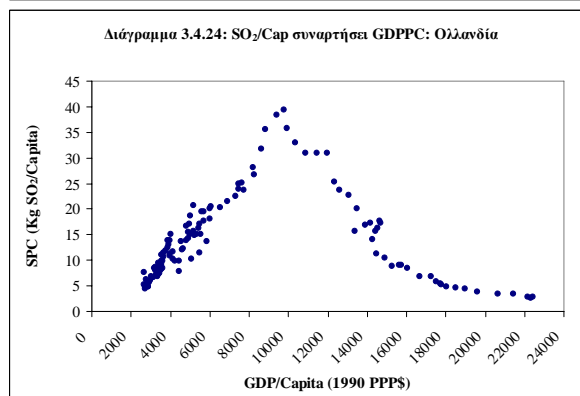
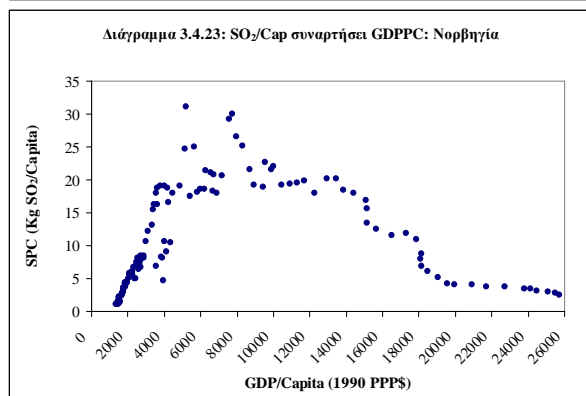
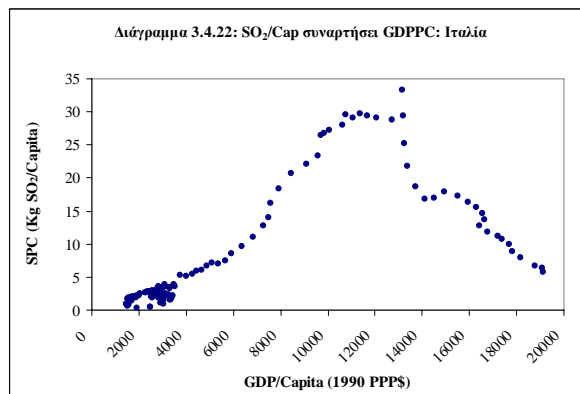
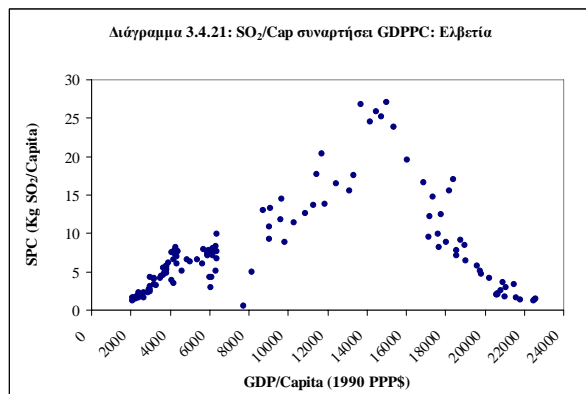
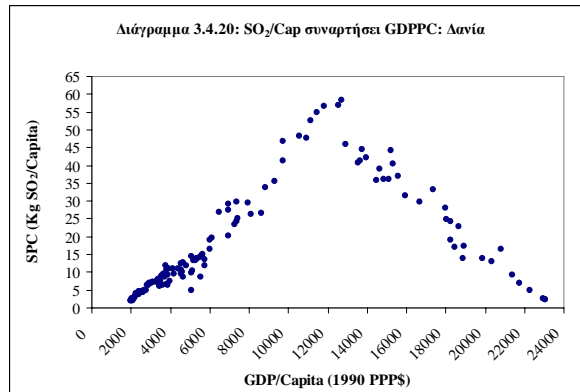
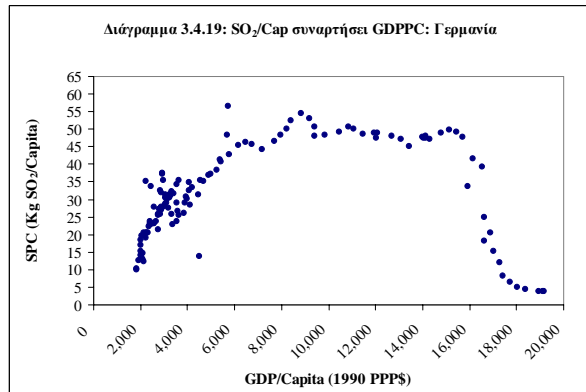
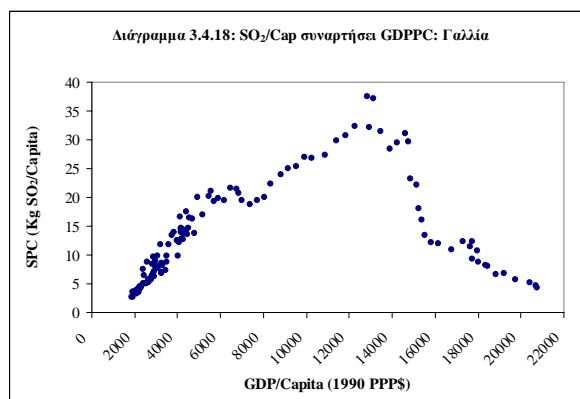
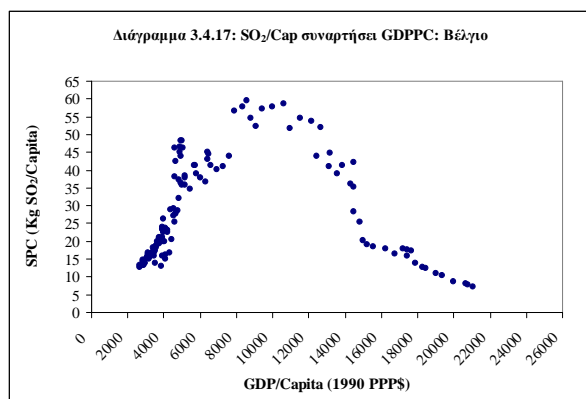


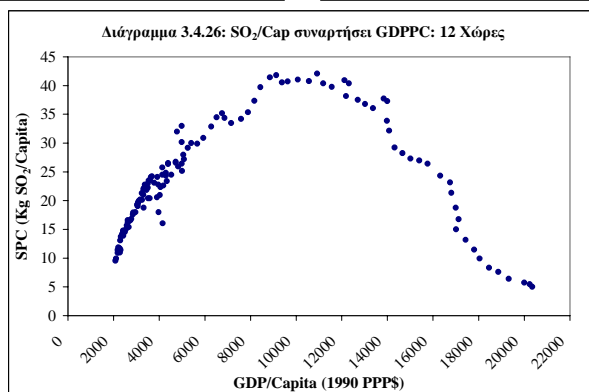
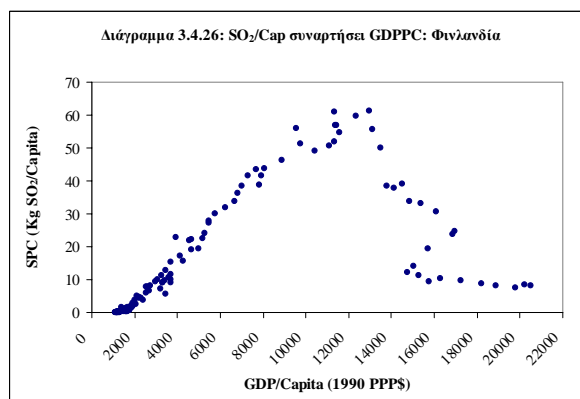
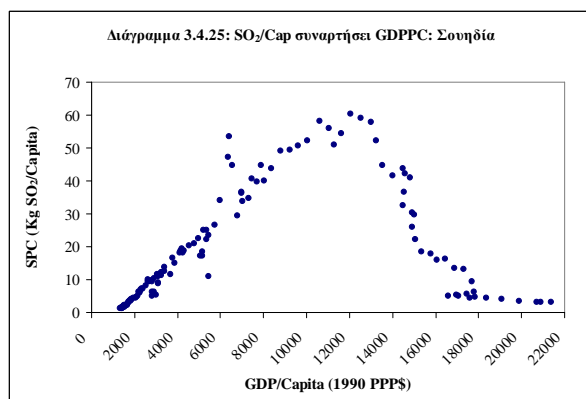
Πηγή: *Stern* (2010), *Maddison* (2010)

Αντίστοιχα με την εικόνα 3.4.1, στην εικόνα 3.4.2 παρατίθενται τα διαγράμματα 3.4.15 έως 3.4.27 του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ σε σχέση με τις κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  για κάθε χώρα ξεχωριστά αλλά και συνολικά. Η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι της μορφής «ανάστροφου U». Οι κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  αυξάνονται μαζί με το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ έως ένα σημείο μετά το οποίο μειώνονται, καθώς το πραγματικό κατά κεφαλή εισόδημα συνεχίζει να αυξάνεται. Αυτή η συμπεριφορά είναι η αναμενόμενη και χαρακτηριστική της υπόθεσης *EKC* (*Environmental Kuznets Curve*).

**Εικόνα 3.4.2:** Κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ για τις 12 χώρες της δυτικής Ευρώπης, ξεχωριστά και ως σύνολο.







Πηγή: *Stern* (2010), *Maddison* (2010)

## Κεφάλαιο 4

### Μεθοδολογία Έρευνας

#### 4.1. Το υπόδειγμα *EKC*

Η διαχρονική εξέλιξη του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.4.2 αλλά και στα διαγράμματα 3.4.3 έως 3.4.14 της εικόνας 3.4.1, είναι εκθετικής μορφής υποδεικνύοντας τη χρήση των λογαρίθμων των τιμών της ερμηνευτικής μεταβλητής *LGDPc* αντί των φυσικών, σε μία συμβατική *EKC* παλινδρόμηση. Αυτό είναι απαραίτητο για την εξασφάλιση της γραμμικότητας κατά την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

Επιπλέον, η σχέση που φαίνεται να χαρακτηρίζει τις κατά κεφαλή εκπομπές *SO<sub>2</sub>* και το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ στα διαγράμματα 3.4.15 έως 3.4.26 της εικόνας 3.4.2, είναι πολωνυμική δεύτερου ή και ανώτερου βαθμού. Αυτό σημαίνει ότι η μορφή μιας κατ' αρχήν εξειδίκευσης του υποδείγματος θα είναι αυτή της εξίσωσης 4.1.1, που αποτελεί τη γραμμική εξειδίκευσή του:

$$Sc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 (LGDPc)^2 + \alpha_3 (LGDPc)^3 + \alpha_4 (LGDPc)^4 + e_i. \quad (4.1.1)$$

Η υπόθεση της ύπαρξης τέταρτου βαθμού πολωνυμικής σχέσης θα ελεγχθεί ως προς την ορθότητά της στη συνέχεια. Εκτός από τη γραμμική εξειδίκευση του υποδείγματος της εξίσωσης 4.1.1, εξίσου ελκυστική είναι και η λογαριθμική γραμμική εξειδίκευση που περιγράφεται από την εξίσωση 4.1.2, αφού είτε οι φυσικές τιμές είτε οι λογάριθμοι των φυσικών τιμών της μεταβλητής *Sc* εξελίσσονται διαχρονικά με τον ίδιο τρόπο: πολωνυμικά, έστω τέταρτου βαθμού.

$$LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 (LGDPc)^2 + \alpha_3 (LGDPc)^3 + \alpha_4 (LGDPc)^4 + e_i \quad (4.1.2)$$

Για την επιλογή μεταξύ των δύο μορφών εξειδίκευσης των υποδειγμάτων των παραπάνω εξισώσεων (4.1.1 και 4.1.2), χρησιμοποιείται το κριτήριο *BOX-COX* (*B-C*) (Χάλκος, 2006), σύμφωνα με το οποίο εκτιμούμε τα υποδείγματα των εξισώσεων 4.1.1 και 4.1.2 αφού πρώτα αντικαταστήσουμε την εξαρτημένη μεταβλητή *Sc* με το πηλίκο *Sc/g*, όπου *g* ο γεωμετρικός μέσος, όλων των παρατηρήσεών της. Επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε εκείνη τη συναρτησιακή μορφή που παράγει το μικρότερο άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων. Στον πίνακα 4.1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται, τα αποτελέσματα του ελέγχου εξειδίκευσης των υποδειγμάτων με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, αφενός των συναθροιστικών δεδομένων για τις δώδεκα χώρες και αφετέρου των *panel* δεδομένων.



Σημειώνεται ότι για την πραγματοποίηση του ελέγχου θεωρείται ότι οι υπό εξέταση μεταβλητές είναι στάσιμες ή ότι συνολοκληρώνονται. Το γεγονός αυτό συζητείται διεξοδικά στην παράγραφο 4.2 όπου και παρατίθενται οι αντίστοιχοι έλεγχοι και συμπεράσματα

**Πίνακας 4.1.1:** Έλεγχος γραμμικής ή λογαριθμικής γραμμικής, εξειδίκευσης του υποδείγματος

Δεδομένα	Υπόδειγμα	$\sum \hat{u}^2$	$R^2$	g
<b>Σύνολο 12 χωρών</b>	$\left(\frac{Sc_t}{g}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_t} + \alpha_2 (LGDP_{c_t})^2 + \alpha_3 (LGDP_{c_t})^3 + \alpha_4 (LGDP_{c_t})^4 + e_t$	1.26	0.95	21.32
	$Ln\left(\frac{Sc_t}{g}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_t} + \alpha_2 (LGDP_{c_t})^2 + \alpha_3 (LGDP_{c_t})^3 + \alpha_4 (LGDP_{c_t})^4 + e_t$	0.99	0.96	
<b>Panel Data</b>	$\left(\frac{Sc_{it}}{g}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_{it}} + \alpha_2 (LGDP_{c_{it}})^2 + \alpha_3 (LGDP_{c_{it}})^3 + \alpha_4 (LGDP_{c_{it}})^4 + e_{it}$	1670	0.49	11.04
	$Ln\left(\frac{Sc_{it}}{g}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_{it}} + \alpha_2 (LGDP_{c_{it}})^2 + \alpha_3 (LGDP_{c_{it}})^3 + \alpha_4 (LGDP_{c_{it}})^4 + e_{it}$	716	0.69	

Σύμφωνα με το κριτήριο (B-C) όπως περιγράφεται παραπάνω και όσο αφορά τη μορφή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν, καταλληλότερη στην περίπτωση των *panel* δεδομένων είναι η λογαριθμική γραμμική εξειδίκευση καθώς παράγει μικρότερο άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων απ' ότι η γραμμική εξειδίκευση:  $716 < 1670$ . Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση των συναθροιστικών δεδομένων. Καταλληλότερη μορφή εξειδίκευσης είναι η λογαριθμική γραμμική, καθώς το παραγόμενο άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της γραμμικής εξειδίκευσης:  $0.99 < 1.26$ .

## 4.2. Διαγνωστικοί έλεγχοι δεδομένων

Η χρήση των δεδομένων στην περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης που διέπει τις κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  και το κατά κεφαλή καθαρό ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, απαιτεί τη διενέργεια διαγνωστικών ελέγχων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί το ουσιαστικό περιεχόμενο των εξαγόμενων συμπερασμάτων (Perman and Stern 1999).

Στην παρούσα εργασία τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν αποτελούν χρονολογικές σειρές. Είναι οι τιμές των μεγεθών που παρατηρήθηκαν ή υπολογίστηκαν έμμεσα και αναφέρονται σε μέσες ετήσιες τιμές αυτών, για την περίοδο 1870 έως 2002. Το πρόβλημα στη χρήση των χρονολογικών σειρών για τη διενέργεια προβλέψεων ή εκτιμήσεων, έγκειται στο κύριο χαρακτηριστικό τους που είναι η εξάρτηση των παρατηρήσεων με το χρόνο (Χάλκος, 2006). Αυτό σημαίνει ότι οι παρατηρήσεις αυτοσυσχετίζονται αφενός και αφετέρου ότι αυξάνονται ή μειώνονται με το χρόνο. Το

γεγονός αυτό παραβιάζει το δόγμα της σταθερότητας (Κάτος, 2004), μεταξύ των εμπλεκόμενων μεταβλητών, στο οποίο στηρίζεται η εφαρμοσμένη οικονομετρική ανάλυση για την εκτίμηση της σχέσης μεταξύ τους, βραχυχρόνια και μακροχρόνια.

Το δόγμα της σταθερότητας (στασιμότητας) των μεταβλητών, αναφέρεται στην σταθερότητα του μέσου και της διακύμανσης των παρατηρήσεων σε σχέση με το χρόνο καθώς και στην εξάρτηση της συνδιακύμανσης μεταξύ διαδοχικών παρατηρήσεων μόνο από τη χρονική τους απόσταση. Οι υποθέσεις αυτές ορίζονται ως εξής:

$$E(X_t) = \mu, \text{ ο μέσος είναι σταθερός για όλα τα } t, \quad (4.2.1)$$

$$Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2, \text{ η διακύμανση είναι σταθερή για όλα τα } t \text{ και} \quad (4.2.2)$$

$$Cov(X_t, X_{t+k}) = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] = \gamma_k, \text{ η συνδιακύμανση είναι σταθερή} \quad (4.2.3)$$

για όλα τα  $t$  και  $k$  με  $t \neq k$ <sup>11</sup>.

Το αποτέλεσμα της παλινδρόμησης μεταξύ μη στάσιμων χρονολογικών σειρών, που παραβιάζουν τις υποθέσεις 4.2.1 έως 4.2.3, καθιστά τα κριτήρια αξιολόγησης της προβλεπτικότητας του υποδείγματος όπως τα:  $R^2$ ,  $R^2\text{-adj}$ , συνολικής στατιστικής σημαντικότητας  $F$  και ατομικής στατιστικής σημαντικότητας  $t$ , μη αξιόπιστα. Οι εκτιμητές των παραμέτρων της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων είναι ασυνεπείς, με αποτέλεσμα την νόθα ή φαινομενική παλινδρόμηση (Χάλκος, 2006). Οι έλεγχοι για την ύπαρξη στασιμότητας σε μια χρονολογική σειρά, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στους κλασσικούς ελέγχους μέσω της συνάρτησης αυτοσυσχετίσεως και στους σύγχρονους ελέγχους που στηρίζονται στη μέθοδο των μοναδιαίων ριζών. Στην παρούσα εργασία για τον έλεγχο στασιμότητας χρησιμοποιείται η μέθοδος των μοναδιαίων ριζών και συγκεκριμένα ο επαυξημένος έλεγχος *Dickey-Fuller (ADF)*. Ο λόγος που προτιμάται ο επαυξημένος από τον απλό έλεγχο είναι ότι, εάν τα σφάλματα κατά την παλινδρόμηση των απλών εξισώσεων *Dickey-Fuller* παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση, δεν ισχύει ο έλεγχος. Αντίθετα, κατά τον επαυξημένο έλεγχο στις εξισώσεις παλινδρόμησης προστίθενται οι σε υστέρηση όροι των διαφορών, για την εξάλειψη πιθανής αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων (Κάτος, 2004). Οι γενικές εξισώσεις για τον επαυξημένο έλεγχο *Dickey-Fuller (ADF)* φαίνονται παρακάτω:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4.2.4)$$

$$\Delta X_t = \alpha + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4.2.5)$$

<sup>11</sup> Τα παραπάνω κριτήρια εξασφαλίζουν την ασθενή στασιμότητα και όχι την αυστηρή στασιμότητα (Κάτος Α., 2004)

$$\Delta X_t = \alpha + \beta t + \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4.2.6)$$

Ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (μη στασιμότητα) στις παραπάνω εξισώσεις, ισοδυναμεί με τον έλεγχο των υποθέσεων:

$H_0 : \delta = 0$ , μη στασιμότητα εάν  $t_\delta > \tau$  ή της εναλλακτικής υπόθεσης

$H_a : \delta < 0$ , στάσιμη σειρά εάν  $t_\delta < \tau$ , (4.2.7)

όπου  $t_\delta = \frac{\hat{\delta}}{s_\delta}$  το κριτήριο της ατομικής στατιστικής σημαντικότητας του  $\delta$  που προκύπτει

με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και  $\tau$  οι κρίσιμες τιμές του *MacKinnon*.

Η διενέργεια των ελέγχων έγινε με το *Enviews 6* και τα αποτελέσματα για όλες τις χρονολογικές σειρές παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.1. Η εύρεση του κατάλληλου αριθμού των υστερήσεων στις εξισώσεις ελέγχου 4.2.4 έως 4.2.6, υπολογίζεται από το πρόγραμμα με αυτόματο τρόπο.

Από την εξέταση του πίνακα 4.2.1 βλέπουμε ότι για όλες τις χώρες ξεχωριστά αλλά και στο σύνολό τους, για όλα τα επίπεδα σημαντικότητας  $\alpha$ , και στα επίπεδα των χρονολογικών σειρών<sup>12</sup>  $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση, για κάθε μία από τις περιπτώσεις των εξισώσεων 4.2.4 έως 4.2.6. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι οι σειρές είναι μη στάσιμες. Αντίθετα βλέπουμε ότι στις πρώτες διαφορές τους, οι ίδιες χρονολογικές σειρές είναι στάσιμες για όλες τις περιπτώσεις των εξισώσεων 4.2.4 έως 4.2.6 και για όλες τις χώρες ξεχωριστά αλλά και στο σύνολό τους, καθώς σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.1, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για όλα τα επίπεδα σημαντικότητας  $\alpha$ . Κατά συνέπεια οι χρονολογικές σειρές  $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$ .

Το ίδιο προκύπτει και από την εξέταση των ενοποιημένων (*pooled*) δεδομένων. Όσο αφορά τα *panel* δεδομένα, το στατιστικό *Levin, Lin & Chu t*, οδηγεί στην αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας στις πρώτες και στις δεύτερες διαφορές των χρονολογικών σειρών  $LSPC$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , όσο αφορά την εξίσωση ελέγχου 4.2.6 και για όλα τα επίπεδα σημαντικότητας.

<sup>12</sup> Λογάριθμος των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$ , λογάριθμος του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ και η δεύτερη, Τρίτη και τέταρτη δύναμη του λογάριθμου του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ, αντίστοιχα

**Πίνακας 4.2.1:** Έλεγχοι ADF για την ύπαρξη μοναδιαίων ριζών στα δεδομένα κάθε χώρας ξεχωριστά και ως σύνολο, με τη χρήση του *Enviews* \*

<b>H<sub>0</sub>:δ=0</b> εάν <b>t<sub>δ</sub>&gt;τ</b> (μη στασιμότητα)	<b>LSc</b>						<b>LGDPc</b>					
	<b>t<sub>δ</sub> Χωρίς σταθερό &amp; τάση</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με σταθερό όρο</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με Σταθερό &amp; τάση</b>		<b>t<sub>δ</sub> Χωρίς σταθερό &amp; τάση</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με σταθερό όρο</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με Σταθερό &amp; τάση</b>	
<b>Χώρες</b>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>
<b>Αγγλία</b>	-1.1216	-2.7811	2.5270	-14.4186	2.6245	-15.6598	3.5032	-6.9332	1.0791	-7.9904	-1.9444	-8.1746
<b>Αυστρία</b>	-0.8224	-8.8279	-0.6701	-8.8345	-1.2573	-9.0261	2.2624	-10.3641	0.1450	-10.6788	-1.7354	-10.7145
<b>Βέλγιο</b>	-0.4790	-9.0332	-0.9857	-9.0083	-0.2141	-9.3607	3.3075	-8.2748	0.8231	-9.1695	-1.3035	-9.2949
<b>Γαλλία</b>	-0.0911	-9.9418	-1.5887	-9.9112	0.6380	-10.4802	2.4694	-9.0079	0.0182	-9.5128	-2.1505	-9.5177
<b>Γερμανία</b>	-0.5661	-13.8521	-0.0479	-13.8274	0.8419	-14.6091	1.7167	-8.3450	-0.5439	-8.5980	-2.9525	-8.5760
<b>Δανία</b>	-0.4012	-11.2040	-1.2467	-11.1609	1.1738	-11.7818	5.7367	-4.4686	0.7197	-9.5686	-2.2461	-9.6924
<b>Ελβετία</b>	-0.9113	-12.9615	-2.2472	-12.9113	-1.8314	-13.0965	4.7632	-8.6951	-0.5411	-9.8577	-1.9990	-9.8198
<b>Ιταλία</b>	-0.7452	-7.4014	-2.0373	-7.4198	-2.2305	-7.4642	3.2899	-7.5107	1.0503	-8.3537	-1.6504	-8.5884
<b>Νορβηγία</b>	-0.3480	-10.5939	-1.7817	-10.5665	-0.0990	-11.1425	7.3328	-3.8710	1.8981	-10.3824	-1.7627	-10.7203
<b>Ολλανδία</b>	-0.5303	-8.3664	-0.8450	-8.3448	-0.1821	-8.8108	2.6189	-9.2008	0.3833	-9.5665	-2.2732	-8.7023
<b>Σουηδία</b>	-0.3295	-13.1659	-1.7528	-13.1367	0.2892	-13.9473	7.5160	-3.6497	0.2956	-11.2689	-2.3861	-11.2578
<b>Φινλανδία</b>	-0.5293	-9.2609	-1.7665	-9.4041	0.3168	-9.6317	4.7565	-6.6461	2.2785	-6.1327	-1.5873	-6.9236
<b>Σύνολο Χωρών</b>	-0.5341	-12.0371	0.1678	-12.0248	2.4982	-13.3074	3.7802	-6.1057	0.7917	-7.4004	-1.6929	-7.5195

**Κρίσιμες τιμές τ του MacCinnon, όπως υπολογίστηκαν από το *Enviews*:**

<b>α</b>	<b>τ</b>	<b>τ<sub>μ</sub></b>	<b>τ<sub>τ</sub></b>
1%	-2.58273	-3.48082	-4.02960
5%	-1.94329	-2.88358	-3.44449
10%	-1.61510	-2.57860	-3.14706

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *Enviews 6*.

Πίνακας 4.2.1: (συνέχεια)\*

H <sub>0</sub> :δ=0 εάν $t_\delta > \tau$ (μη στασιμότητα)	LGDPc <sup>2</sup>						LGDPc <sup>3</sup>					
	$t_\delta$ Χωρίς σταθερό & τάση		$t_\delta$ Με σταθερό όρο		$t_\delta$ Με Σταθερό & τάση		$t_\delta$ Χωρίς σταθερό & τάση		$t_\delta$ Με σταθερό όρο		$t_\delta$ Με Σταθερό & τάση	
Χώρες	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ	Επίπεδα	I <sup>εξ</sup> Διαφ
Αγγλία	3.6251	-6.7644	1.3480	-7.8497	-1.6050	-8.1125	3.7564	-6.5863	1.6240	-7.6927	-1.2866	-8.0471
Αυστρία	2.5233	-10.1707	0.4495	-10.5483	-1.5034	-10.6262	2.8532	-9.9491	0.7924	-10.4006	-1.2717	-10.5379
Βέλγιο	3.5308	-8.0634	1.1375	-9.0394	-1.0985	-9.2455	3.7817	-7.8390	1.4753	-8.8962	-0.8940	-9.2074
Γαλλία	2.6197	-8.7803	0.2656	-9.3482	-1.9188	-9.3871	2.8016	-8.5328	0.5337	-9.1712	-1.7010	-9.2590
Γερμανία	1.7516	-8.1648	-0.3674	-8.4446	-2.6836	-8.4350	1.8122	-7.9841	-0.1809	-8.2948	-2.4278	-8.3032
Δανία	5.9797	-4.3450	1.1659	-11.0883	-1.9076	-9.6078	6.2685	-4.2064	1.6350	-10.9026	-1.6051	-11.1655
Ελβετία	4.8796	-8.4906	-0.2218	-9.6961	-1.9121	-9.6615	5.0005	-8.2847	0.1038	-9.5201	-1.8418	-9.5020
Ιταλία	3.0968	-7.8738	0.7658	-8.6469	-1.8623	-8.7946	3.2899	-7.5107	1.0503	-8.3537	-1.6504	-8.5884
Νορβηγία	8.0544	-3.6528	2.6848	-9.9531	-1.4076	-10.5673	8.8940	-3.4317	3.5630	-9.4119	-1.0215	-10.3696
Ολλανδία	2.2946	-9.0063	0.3000	-9.4281	-2.0114	-9.4890	2.4872	-8.7869	0.5586	-9.2710	-1.7556	-9.3784
Σουηδία	7.8070	-3.5192	0.9192	-10.6759	-2.2695	-10.7608	8.1223	-3.3864	1.5674	-10.0359	-2.0776	-10.2648
Φινλανδία	4.6139	-4.0360	1.8231	-6.3825	-1.8937	-6.9083	4.7565	-6.6461	2.2785	-6.1327	-1.5873	-6.9236
Σύνολο Χωρών	3.8740	-5.8840	1.0937	-7.2022	-1.5042	-7.4096	3.9803	-5.6584	1.4009	-6.9935	-1.3217	-7.3123

Κρίσιμες τιμές τ του MacCinnon, όπως υπολογίστηκαν από το Eviews:

α	τ	τ <sub>μ</sub>	τ <sub>τ</sub>
1%	-2.58273	-3.48082	-4.02960
5%	-1.94329	-2.88358	-3.44449
10%	-1.61510	-2.57860	-3.14706

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το Schwarz Info Criterion (SIC) και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το Eviews 6.

**Πίνακας 4.2.1:** (συνέχεια)\*

<b>H<sub>0</sub>:δ=0</b> εάν <b>t<sub>δ</sub>&gt;τ</b> (μη στασιμότητα)	<b>LGDPc<sup>4</sup></b>					
	<b>t<sub>δ</sub> Χωρίς σταθερό &amp; τάση</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με σταθερό όρο</b>		<b>t<sub>δ</sub> Με Σταθερό &amp; τάση</b>	
<b>Χώρες</b>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>I<sup>εξ</sup> Διαφ</i>
<b>Αγγλία</b>	3.8947	-6.4003	1.9043	-7.5196	-0.9822	-7.9775
<b>Αυστρία</b>	3.2588	-9.6930	1.1811	-10.2298	-1.0361	-10.4489
<b>Βέλγιο</b>	4.0570	-7.6037	1.8357	-8.7387	-0.6843	-9.1824
<b>Γαλλία</b>	3.0123	-8.2621	0.8232	-8.9772	-1.4943	-9.1324
<b>Γερμανία</b>	1.8999	-7.8045	0.0170	-8.1509	-2.1863	-8.1843
<b>Δανία</b>	6.6000	-4.0558	2.1264	-10.6854	-1.3240	-11.1162
<b>Ελβετία</b>	3.6960	-8.0822	0.4312	-9.3339	-2.1221	-9.3455
<b>Ιταλία</b>	3.4933	-7.1410	1.3527	-8.0526	-1.4433	-8.3994
<b>Νορβηγία</b>	9.8379	-3.2164	4.5306	-8.7769	-0.5831	-10.1156
<b>Ολλανδία</b>	2.7075	-8.5391	0.8380	-9.0904	-1.5041	-9.2594
<b>Σουηδία</b>	8.4511	-3.2557	2.2287	-9.3713	-1.8527	-9.7731
<b>Φινλανδία</b>	4.8516	-6.2222	2.6763	-7.5214	-1.2574	-6.9310
<b>Σύνολο Χωρών</b>	4.0948	-5.4324	1.7108	-6.7757	-1.1387	-7.2292

**Κρίσιμες τιμές τ του MacCinnon, όπως υπολογίστηκαν από το EvIEWS:**

<b>α</b>	<b>τ</b>	<b>τ<sub>μ</sub></b>	<b>τ<sub>τ</sub></b>
1%	-2.58273	-3.48082	-4.02960
5%	-1.94329	-2.88358	-3.44449
10%	-1.61510	-2.57860	-3.14706

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *EvIEWS 6*.

**Πίνακας 4.2.2:** Έλεγχοι για την ύπαρξη μοναδιαίων ριζών στα *pooled* και *panel* δεδομένα \*

<b>Pooled Δεδομένα</b>	<b>LSc</b>						<b>LGDPc</b>					
<b>H<sub>0</sub>: μη στασιμότητα</b>	Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )	
	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>
Levin, Lin & Chu t*	0.0291	0.0000	0.5995	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0992	0.0000
Breitung t-stat					1.0000	0.0000					0.2181	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			0.9767	0.0000	1.0000	0.0000			1.0000	0.0000	0.6553	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	0.7382	0.0000	0.9144	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.8757	0.0000
PP - Fisher Chi-square	0.8114	0.0000	0.9500	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9554	0.0000
<b>Pooled Δεδομένα</b>	<b>LGDPc<sup>2</sup></b>						<b>LGDPc<sup>3</sup></b>					
<b>H<sub>0</sub>: μη στασιμότητα</b>	Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )	
	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>
Levin, Lin & Chu t*	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.1181	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2030	0.0000
Breitung t-stat					0.8064	0.0000					0.9957	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			1.0000	0.0000	0.9324	0.0000			1.0000	0.0000	0.9952	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9880	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9995	0.0000
PP - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9970	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9999	0.0000

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *Eviews 6*.

**Πίνακας 4.2.2:** (Συνέχεια) \*

Pooled Δεδομένα  <b>H<sub>0</sub>: μη στασιμότητα</b>	<b>LGDPc<sup>4</sup></b>					
	Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )	
	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>
Levin, Lin & Chu t*	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.3376	0.0000
Breitung t-stat					1.0000	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			1.0000	0.0000	0.9998	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000
PP - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *Eviews 6*.



**Πίνακας 4.2.2:** (Συνέχεια) \*

Panel Λεδομένα	LSc						LGDPc					
H <sub>0</sub> : μη στασιμότητα	Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)		Με σταθερό όρο (Prob.)		Με Σταθερό & τάση (Prob.)		Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)		Με σταθερό όρο (Prob.)		Με Σταθερό & τάση (Prob.)	
	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ
Levin, Lin & Chu t*	0.0237	0.0000	0.5970	0.2881	1.0000	0.6567	1.0000	0.0000	1.0000	0.0002	0.2211	0.0108
Breitung t-stat					1.0000	0.0000					0.7527	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			0.9583	0.0000	1.0000	0.0000			1.0000	0.0000	0.6735	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	0.7589	0.0000	0.9686	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.8777	0.0000
PP - Fisher Chi-square	0.8114	0.0000	0.9500	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9554	0.0000
Panel Λεδομένα	LGDPc <sup>2</sup>						LGDPc <sup>3</sup>					
H <sub>0</sub> : μη στασιμότητα	Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)		Με σταθερό όρο (Prob.)		Με Σταθερό & τάση (Prob.)		Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)		Με σταθερό όρο (Prob.)		Με Σταθερό & τάση (Prob.)	
	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ	Επίπεδα	1 <sup>ες</sup> Διαφ
Levin, Lin & Chu t*	1.0000	0.0000	1.0000	0.0381	0.1903	0.3924	1.0000	0.0000	1.0000	0.1067	0.2572	0.5710
Breitung t-stat					0.9810	0.0000					0.9998	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			1.0000	0.0000	0.9275	0.0000			1.0000	0.0000	0.9937	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9855	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9993	0.0000
PP - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9970	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.9999	0.0000

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *Eviews 6*.

**Πίνακας 4.2.2:** (Συνέχεια) \*

Panel Δεδομένα	<i>LGDPc</i> <sup>4</sup>					
	Χωρίς σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )		Με σταθερό όρο ( <i>Prob.</i> )		Με Σταθερό & τάση ( <i>Prob.</i> )	
	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>	<i>Επίπεδα</i>	<i>1<sup>ες</sup> Διαφ</i>
Levin, Lin & Chu t*	1.0000	0.0000	1.0000	0.1198	0.4086	0.5073
Breitung t-stat					1.0000	0.0000
Im, Pesaran and Shin W-stat			1.0000	0.0000	0.9998	0.0000
ADF - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000
PP - Fisher Chi-square	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion (SIC)* και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *EvIEWS 6*.

Όσο αφορά την εξίσωση ελέγχου 4.2.5, μόνο για τη μεταβλητή  $LSc$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , στις πρώτες και στις δεύτερες διαφορές γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση, σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας. Σύμφωνα με το κριτήριο *Levin, Lin & Chu t*, οι σειρές  $LSc$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , είναι ολοκληρώσιμες  $I(d)$  όπου  $d > 2$ . Τέλος, όσο αφορά την εξίσωση ελέγχου 4.2.4, σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας το κριτήριο *Levin, Lin & Chu t*, δεν οδηγεί στην αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης για τις πρώτες διαφορές των μεταβλητών  $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ , και οι σειρές είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$ . Σημειώνεται ότι με κανένα άλλο κριτήριο (πλὴν του *Levin, Lin & Chu t*) από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στον πίνακα 4.2.2 για τον έλεγχο στασιμότητας, δεν έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση του ελέγχου και οι σειρές είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$ .

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των παραπάνω μεταβλητών είναι δυνατή με την παλινδρόμηση των πρώτων διαφορών τους, χάνοντας όμως σημαντική ποσότητα πληροφορίας που υπάρχει στα επίπεδα των δεδομένων και εξαλείφοντας την ατομική επίδραση των χωρών (Maddison, 2007). Αντίθετα, αυτό που ενδιαφέρει στην παρούσα εργασία, είναι η μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών στα επίπεδά τους, αφού η μακροχρόνια σχέση ισορροπίας στις διαφορές τους δεν μπορεί να οριστεί (Χάλκος, 2006). Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την έννοια της συνολοκλήρωσης δύο ή περισσότερων μη στάσιμων μεταβλητών. Η λογική πίσω από την έννοια της συνολοκλήρωσης είναι ότι, αν δύο ή περισσότερες μη στάσιμες μεταβλητές κινούνται με όμοιο τρόπο στο χρόνο, δηλαδή είναι ολοκληρωμένες σειρές ίδιας τάξης, τότε μπορεί να υπάρξει μια μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών. Το σφάλμα ανισορροπίας σε αυτή την περίπτωση, που ορίζεται ως η διαφορά:

$$u_t = Y_t - \alpha_1 X_{1,t} - \alpha_2 X_{2,t} - \dots, \quad (4.2.8)$$

εκφράζει την έκταση της ανισορροπίας ανάμεσα στις μεταβλητές  $Y$  και  $X_i$  ( $i=1,2,\dots$ ), βραχυχρόνια, και αν υφίσταται μια μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών τότε η  $u_t$  θα πρέπει να αποτελεί μία στάσιμη χρονολογική σειρά με μέσο το μηδέν. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι: αν δύο ή περισσότερες χρονολογικές σειρές είναι ολοκληρωμένες ίδιας τάξης  $d$  και υπάρχει ένας γραμμικός συνδυασμός αυτών που αποτελεί ολοκληρωμένη σειρά τάξης  $b$  ( $d > b$ ), τότε οι σειρές καλούνται συνολοκληρωμένες τάξεως  $d, b$  (Χρήστου, 2007). Στην περίπτωση των παραπάνω μεταβλητών ( $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ ) που είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$ , το σφάλμα ανισορροπίας θα πρέπει να είναι ολοκληρωμένη σειρά μηδενικής τάξης  $I(0)$  (αφού  $b = 0 < 1$ ).

Ακολουθώντας την αντίστροφη πορεία, αν το σφάλμα ανισορροπίας που ορίζεται ως:

$$u_{it} = LSc_{it} - \alpha_0 - \alpha_1 LGDPc_{it} - \alpha_2 (LGDPc_{it})^2 - \alpha_3 (LGDPc_{it})^3 - \alpha_4 (LGDPc_{it})^4 \quad (4.2.9)$$

είναι ολοκληρωμένη σειρά μηδενικής τάξης ή ισοδύναμα αν το  $u_{it}$ , είναι μία στάσιμη σειρά, τότε υπάρχει μία μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών και αυτές συνολοκληρώνονται σύμφωνα με το σχήμα:

$$LSc_t = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 (LGDPc_{it})^2 + \alpha_3 (LGDPc_{it})^3 + \alpha_4 (LGDPc_{it})^4 + u_{it} \quad (4.2.10)$$

Η παλινδρόμηση 4.2.10, αναφέρεται ως παλινδρόμηση συνολοκληρώσεως (*cointegrating regression*) ή και ως στατική παλινδρόμηση (*static regression*). Αν τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης 4.2.10 είναι στάσιμη χρονολογική σειρά τότε οι μεταβλητές συνολοκληρώνονται (Χρήστου, 2007).

Για τον έλεγχο της συνολοκλήρωσης ακολουθούμε την προσέγγιση των *Engle-Granger* (Κάτος, 2004, Χάλκος, 2006, Χρήστου, 2007). Η προσέγγιση αυτή συνίσταται στον έλεγχο ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας στα κατάλοιπα της παλινδρόμησης της 4.2.10 με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Στην περίπτωση των ελέγχων *Dickey-Fuller (DF)*, ή *Advanced Dickey-Fuller (ADF)*, δεν περιλαμβάνεται σταθερός όρος γιατί τα κατάλοιπα που προκύπτουν με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (*Ordinary Least Squares, OLS*), έχουν μέσο μηδέν. Στην περίπτωση του ελέγχου *Engle-Granger*, οι κρίσιμες τιμές  $\tau$  για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης, προέρχονται από τον *MacKinnon*, αφορούν αριθμό μεταβλητών έως και έξι, δίνουν κρίσιμες τιμές για μεγέθη δείγματος μικρότερα από 50 και κάνουν διάκριση ανάλογα με το αν περιλαμβάνεται στο υπόδειγμα σταθερός όρος ή/και τάση.

Οι έλεγχοι συνολοκλήρωσης πραγματοποιούνται μέσω του *EViews* 6. Για το σκοπό αυτό ελέγχεται η συμβατική *EKC* εξίσωση 4.2.10 αφενός στα δεδομένα που αφορούν το σύνολο των δώδεκα χωρών με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και αφετέρου στα *pooled* και *panel* δεδομένα. Στον πίνακα 4.2.3, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων συνολοκλήρωσης των μεταβλητών  $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , που αφορούν τα συναθροιστικά στοιχεία για τις 12 χώρες καθώς και τα *pooled* και *panel* δεδομένα.

Η εξέταση του πίνακα 4.2.3 αποκαλύπτει ότι οι υπό εξέταση μεταβλητές, όσο αφορά τα *pooled* δεδομένα, συνολοκληρώνονται σε επίπεδο σημαντικότητας 0,1 (ή αντίστοιχα 10% διάστημα εμπιστοσύνης). Στην περίπτωση των συναθροιστικών δεδομένων, οι μεταβλητές μας συνολοκληρώνονται σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 καθώς η πιθανότητα *Prob.* του ελέγχου είναι  $0,0000 < 0,1$  και απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας στα κατάλοιπα σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 ή διάστημα εμπιστοσύνης 1%.

**Πίνακας 4.2.3:** Έλεγχοι συνολοκλήρωσης μεταβλητών \*

**H<sub>0</sub>:** Δεν υπάρχει συνολοκλήρωση

**Στατική παλινδρόμηση (Pooled  
Δεδομένα)**

**Στατική παλινδρόμηση (Panel Δεδομένα)**

**Τέστ συνολοκλήρωσης Pedroni**

Ενδοστροφμα- τικά	Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)			Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)	
	Unweighted	Weighted		Statistic	Prob.
Panel <i>v</i> -Stat.	0.0012	0.0007	Levin, Lin & Chu <i>t</i>	-4.3512	0.0000
Panel <i>rho</i> -Stat.	0.0896	0.0362	ADF - Fisher Chi-sq.	51.3426	0.0010
Panel PP-Stat.	0.0382	0.0145	PP - Fisher Chi-sq.	64.8463	0.0000
Panel ADF-Stat.	0.0835	0.0465			

Διαστροφματικά	Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)
Group <i>rho</i> -Stat.	0.0237
Group PP-Stat.	0.0025
Group ADF-Stat.	0.0105

**Τέστ συνολοκλήρωσης Kao**

	<i>t</i> -Statistic	Prob.
ADF statistic	-3.425314	0.0003

**H<sub>0</sub>:** Τα κατάλοιπα έχουν μοναδιαία ρίζα

**Στατική παλινδρόμηση (Συναθροιστικά Δεδομένα)**

	Χωρίς σταθερό & τάση (Prob.)
ADF test statistic	0.0000

\* Η επιλογή του αριθμού των όρων σε υστέρηση έγινε με βάση το *Schwarz Info Criterion* (SIC) και πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το *Enviews 6*. Αν και όπως συζητήθηκε παραπάνω στην ίδια παράγραφο, στην περίπτωση των ελέγχων *Dickey-Fuller* (DF), ή *Advanced Dickey-Fuller* (ADF), δεν θα πρέπει περιλαμβάνεται σταθερός όρος γιατί τα κατάλοιπα που προκύπτουν με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (*Ordinary Least Squares*, OLS), έχουν μέσο μηδέν (Κάτος, 2004).

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης των μεταβλητών βάσει του υποδείγματος 4.2.10 στα δεδομένα κάθε χώρας ξεχωριστά, καταλήγει πάντα στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 εκτός από την περίπτωση της Αυστρίας στην οποία οι μεταβλητές συνολοκληρώνονται σε επίπεδο σημαντικότητας 0,1. Τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.4 για την περίπτωση της εξίσωσης ελέγχου 4.2.4:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4.2.4)$$

**Πίνακας 4.2.4:** Έλεγχοι συνολοκλήρωσης μεταβλητών για κάθε χώρα ξεχωριστά \*

<b>H<sub>0</sub>: Τα κατάλοιπα έχουν μοναδιαία ρίζα</b>	<b>Έλεγχος καταλοίπων</b>	
	Στατ. t ADF	Πιθανότητα (Prob.)
<b>Αγγλία</b>	-6.6601	0.0000
<b>Αυστρία</b>	-1.8610	0.0600
<b>Βέλγιο</b>	-4.4636	0.0000
<b>Γαλλία</b>	-4.1490	0.0001
<b>Γερμανία</b>	-3.5339	0.0005
<b>Δανία</b>	-5.7459	0.0000
<b>Ελβετία</b>	-5.7506	0.0000
<b>Ιταλία</b>	-3.9759	0.0001
<b>Νορβηγία</b>	-3.9879	0.0001
<b>Ολλανδία</b>	-3.8232	0.0002
<b>Σουηδία</b>	-3.8365	0.0002
<b>Φινλανδία</b>	-4.2310	0.0000

\* Ο έλεγχος διενεργήθηκε στα κατάλοιπα υποθέτοντας τη μη ύπαρξη τάσης και σταθερού όρου στην παλινδρόμηση ελέγχου:  $\Delta u_t = \rho^* u_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \rho_j^* \Delta u_{t-j} + \varepsilon_t$

Από την ανάλυση που προηγήθηκε συμπεραίνουμε ότι ο γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών  $LSc$ ,  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ ,  $LGDPc^3$  και  $LGDPc^4$ , είναι στάσιμος. Ως εκ τούτου μια παλινδρόμηση στα επίπεδα των παραπάνω μεταβλητών δεν είναι φαινομενική ή νόθα, δίνοντας τη δυνατότητα αποφυγής της χρήσης των πρώτων διαφορών των τιμών των μεταβλητών κατά την οποία χάνεται πολύτιμη πληροφορία.

### 4.3. Εξειδίκευση του υποδείγματος

Με τον όρο *Panel* δεδομένα, εννοείται μία ή και περισσότερες χρονολογικές σειρές κάποιων μεταβλητών, που αφορούν περισσότερες από μία διαστρωματικές μονάδες (*cross units*). Η ετερογένεια μεταξύ των διαφόρων διαστρωματικών μονάδων είναι αναμενόμενη. Η ύπαρξή της, αποτελεί πρόβλημα στην ανάλυση διασυννοριακών και διεθνών φαινομένων όπως η όξινη βροχή, όταν δεν λαμβάνεται υπόψη. Η τεχνική της εκτίμησης δεδομένων *panel*, αντιμετωπίζει την ετερογένεια με τη δημιουργία πρόσθετης μεταβλητότητας συνδυάζοντας

τις διακυμάνσεις μεταξύ των στρωμάτων και μειώνοντας τα τυπικά σφάλματα των *OLS* εκτιμήσεων των συντελεστών. Έτσι δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης πολύ περισσότερων δεδομένων και κατά συνέπεια πληροφoρίας, με το συνδυασμό των χρονολογικών σειρών πολλών διαστρωματικών μονάδων ταυτόχρονα (Kennedy, 2008, Χάλκος, 2006, Χρήστου, 2007).

Το βασικό χαρακτηριστικό των δεδομένων *panel*, είναι ότι τα διαχρονικά δεδομένα αφορούν ακριβώς τις ίδιες διαστρωματικές μονάδες, σε αντίθεση με τα ενοποιημένα ή *pooled* δεδομένα στα οποία οι διαχρονικές παρατηρήσεις των μεταβλητών μπορεί να αφορούν διαφορετικές διαστρωματικές μονάδες (Χρήστου, 2007). Έτσι οι διαχρονικές παρατηρήσεις στην περίπτωση των ενοποιημένων δεδομένων, δεν συσχετίζονται μεταξύ τους αν και μπορεί να μην ακολουθούν την ίδια κατανομή αφού αφορούν διαφορετικές διαστρωματικές μονάδες. Αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στην εκτίμηση ενός υποδείγματος με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων καθώς είναι δυνατό με τη χρήση ψευδομεταβλητών να ληφθεί υπόψη η πιθανή διαφορετική κατανομή των διαχρονικών παρατηρήσεων. Η τεχνική της ανάλυσης ενοποιημένων (*pooled*) δεδομένων υποθέτει ακριβώς αυτή την ανεξαρτησία των διαχρονικών παρατηρήσεων. Αντίθετα, στην περίπτωση των δεδομένων *panel*, οι διαχρονικές παρατηρήσεις συσχετίζονται εξ' ορισμού.

Η ετερογένεια οφείλεται σε μια σειρά παράγοντες όπως, το επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης, η διάρθρωση της οικονομίας, το τεχνολογικό επίπεδο, δημογραφικά στοιχεία κ.α, όμως μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση της ετερογένειας που οφείλεται σε μη παρατηρούμενες επιδράσεις ή αλλιώς επιδράσεις μη παρατηρούμενων μεταβλητών. Το πρόβλημα είναι ίδιο με αυτό που προκύπτει κατά την παράληψη σημαντικών μεταβλητών από ένα υπόδειγμα (πρόβλημα εξειδίκευσης). Με βάση τη συζήτηση που προηγήθηκε στις παραγράφους 4.1 και 4.2, το βασικό υπόδειγμα για την ανάλυση *panel* δεδομένων διαμορφώνεται ως εξής (εξίσωση 4.3.1):

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{j,it} + \gamma_i + u_{it} \quad (4.3.1)$$

όπου:  $Y_{it}$  είναι η  $t$  παρατήρηση της  $i$  διαστρωματικής μονάδας,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ ,

$X_{j,it}$  είναι η  $t$  παρατήρηση της  $j$  ερμηνευτικής μεταβλητής για την  $i$  διαστρωματική μονάδα,

$\gamma_i$  είναι η μη παρατηρούμενη μεταβλητή ή αλλιώς η ατομική επίδραση κάθε μονάδας  $i$ , η οποία δε μεταβάλλεται διαχρονικά για κάθε  $i = 1, 2, \dots, N$ ,

$u_{it}$  είναι ο διαταρακτικός όρος ή σφάλμα ιδιοσυγκρασίας, ο οποίος μεταβάλλεται τόσο χρονικά όσο και διαστρωματικά

Για την εκτίμηση του υποδείγματος 4.3.1 πρέπει να καθοριστεί η φύση του όρου  $\gamma_i$ . Στην ανάλυση δεδομένων *panel* η διάκριση για το  $\gamma_i$  γίνεται ανάμεσα σε τυχαία επίδραση (*random effect*), ή σε σταθερή επίδραση (*fixed effect*). Αν το  $\gamma_i$  θεωρηθεί ως τυχαία επίδραση τότε αποτελεί στοιχείο του σύνθετου (*composite*) πλέον διαταρακτικού όρου, υποθέτοντας ότι δεν συσχετίζεται με τις ερμηνευτικές μεταβλητές του υποδείγματος. Αν το  $\gamma_i$  θεωρηθεί ως σταθερή επίδραση τότε μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της 4.3.1 σαν μια παράμετρος για κάθε διαστρωματική μονάδα. Ανάλογα με τη θεώρηση του  $\gamma_i$  ως σταθερή ή τυχαία επίδραση, το υπόδειγμα 4.3.1 ονομάζεται είτε σταθερών επιδράσεων (*fixed effects*), είτε τυχαίων επιδράσεων (*random effects*). Τα υποδείγματα αυτά στην περίπτωση που εξετάζεται στην παρούσα εργασία, παρουσιάζονται στις εξισώσεις 4.3.2 και 4.3.3 αντίστοιχα:

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \beta\Psi_i + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + u_{it} \quad (4.3.2)$$

όπου  $\beta\Psi_i = \gamma_i$ , και  $\Psi_i$  είναι μια ψευδομεταβλητή που αναφέρεται στις επιδράσεις των επιμέρους στρωμάτων με  $i = 1, 2, \dots, N-1$  και  $N$  είναι ο αριθμός των στρωμάτων,

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + \mu_{it} + u_{it}, \quad (4.3.3)$$

όπου  $\mu_{it}$  είναι το συστατικό της τυχαίας επίδρασης στο σύνθετο (*composite*) διαταρακτικό όρο και  $u_{it}$ , το σφάλμα ιδιοσυγκρασίας.

Οι διαγνωστικοί έλεγχοι που ακολουθούν, αφορούν την επιλογή μεταξύ των υποθέσεων της ύπαρξης ή όχι επιδράσεων (σταθερών ή τυχαίων), που αντιστοιχεί στη χρήση *panel* ή *pooled* δεδομένων αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια και ανάλογα με την επιλογή στην οποία θα καταλήξουμε, θα ελεγχθεί η υπόθεση της ύπαρξης σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων. Θα ελεγχθεί η ορθή εξειδίκευση του υποδείγματος και θα οριστικοποιηθεί η τελική μορφή του.

Τέλος, θα επανελεγχθούν με βάση τα αποτελέσματα, η υπόθεση της λογαριθμικής γραμμικής εξειδίκευσης, η υπόθεση της συνολοκήρωσης των μεταβλητών και στη συνέχεια η προσαρμοστικότητα του υποδείγματος και η κανονικότητα των τυπικών σφαλμάτων.

#### 4.3.1. *Pooled* και *Panel* δεδομένα

Για την αποδοχή ή όχι της υπόθεσης ύπαρξης ατομικών επιδράσεων (ετερογένεια) στο υπόδειγμα, χρησιμοποιείται η συνολική στατιστική σημαντικότητα  $F$  (*Chow test*) που ορίζεται ως εξής (Χρήστου, 2007, Kennedy, 2008):

$$F_{(N-1), NT-N-K} = \frac{(SSE_{pooled} - SSE_w) / (N-1)}{SSE_w / (NT-N-K)} \quad (4.3.4)$$



Στη σχέση 4.3.4,  $N$  είναι ο αριθμός των στρωμάτων,  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων της ανάλυσης και  $K$  ο αριθμός των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου του σταθερού όρου. Ο δείκτης  $W$  αναφέρεται στο άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων της παλινδρόμησης του υποδείγματος σταθερών επιδράσεων, ενώ ο δείκτης  $pooled$  στο άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων της παλινδρόμησης του υποδείγματος χωρίς επιδράσεις. Το υπόδειγμα που εκτιμάται είναι αυτό της εξίσωσης 4.3.2:

$$LSc_{it} = (\alpha_0 \text{ ή } \beta\Psi_i) + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + e_{it} \quad (4.3.2)$$

όπου ο όρος  $(\alpha \text{ ή } \beta\Psi_i)$  χρησιμοποιείται εναλλάξ ανάλογα με το αν πρόκειται για υπόδειγμα χωρίς (κοινός σταθερός όρος και κλίση για όλες τις χώρες) ή με επιδράσεις (κοινή κλίση, διαφορετικός, σταθερός όρος), αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα των παλινδρομήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3.1:

**Πίνακας 4.3.1:** Αποτελέσματα παλινδρομήσεων 4.3.2 με και χωρίς επιδράσεις \*.

Παλινδρόμηση / Τιμές $F$	$SSE$	$N$	$T$	$K$
Σταθερές επιδράσεις ( <i>fixed effects</i> )	346.7175	12	133	5
Χωρίς Επιδράσεις ( <i>pooled</i> )	716.1351	12	133	5
Στατιστικό $F$	152.9436			
Κρίσιμη τιμή $F_{0.05,11,1579}$	1.75 < F < 1.83			
Κρίσιμη τιμή $F_{0.01,11,1579}$	2.32 < F < 2.18			

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*.

Ο έλεγχος αφορά την από κοινού υπόθεση ότι δεν υπάρχουν σταθερές επιδράσεις:  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{12} = 0$ . Τα αποτελέσματα του πίνακα 4.3.1 δείχνουν ότι δεν γίνεται δεκτή η μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 (διάστημα εμπιστοσύνης 1%) καθώς  $F_{test} > F_{0.01,11,1579}$ . Η εναλλακτική υπόθεση της ύπαρξης ατομικών επιδράσεων, γίνεται δεκτή.

#### 4.3.2. Σταθερές και τυχαίες επιδράσεις (*fixed και random effects*)

Ο έλεγχος για την ύπαρξη τυχαίων επιδράσεων γίνεται με το τεστ του *Hausman* που βασίζεται στη στατιστική  $X_{\alpha,K}^2$ , όπου  $\alpha$  είναι το επίπεδο σημαντικότητας του ελέγχου και  $K$  ο αριθμός των ερμηνευτικών μεταβλητών χωρίς το σταθερό όρο (βαθμοί ελευθερίας). Στην προκειμένη περίπτωση η κριτική τιμή είναι  $X_{0.05,4}^2 = 9.488$  και  $X_{0.01,4}^2 = 13.277$  για επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και 0,01 αντίστοιχα. Η τιμή  $X_{\alpha,K}^2$  του τεστ *Hausman* συγκρίνεται με τις κριτικές τιμές για την αποδοχή ή όχι της μηδενικής υπόθεσης  $H_0$ : «οι μη παρατηρούμενες

επιδράσεις δε συσχετίζονται με τις ερμηνευτικές μεταβλητές». Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και άρα καταλληλότερο υπόδειγμα είναι αυτό των σταθερών επιδράσεων, όταν  $X_{test}^2 \geq X_{critical}^2$  (Χρήστου, 2007, Kennedy, 2008).

Στην προκειμένη περίπτωση το τεστ *Hausman* δίνει στατιστική  $X_{test}^2 = 6.0296 < X_{0.05,4}^2 = 9.488$ . Η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και το υπόδειγμα των τυχαίων επιδράσεων είναι καταλληλότερο για την ανάλυση των δεδομένων μας. Αναλυτικά το υπόδειγμα ελέγχου είναι το 4.3.3:

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + \underbrace{\mu_{it} + u_{it}}_{e_{it}} \quad (4.3.3)$$

Η ερμηνεία των συμβόλων των μεταβλητών έχει αναφερθεί στην παράγραφο 4.3. Στον πίνακα 4.3.2. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παλινδρομήσεων με τις δύο μεθόδους (*fixed* και *random effects*), μαζί με τα αποτελέσματα του *Hausman* τεστ.

**Πίνακας 4.3.2:** Παλινδρομήσεις με σταθερές και τυχαίες επιδράσεις\*

Μεταβλη- τές	Fixed effects				Random effects			
	Συντελε- στές	Τυπικό σφάλμα	Στατι- στική t	Πιθανό- τητα Prob.	Συντελε- στές	Τυπικό σφάλμα	Στατι- στική t	Πιθανό- τητα Prob.
Σταθ. Όρος	-3512.19	184.1145	-19.0761	0.0000	-3513.43	184.0591	-19.0886	0.0000
<i>LGPC</i>	1648.98	86.6145	19.0382	0.0000	1649.54	86.5891	19.0502	0.0000
<i>LGDP</i> <sup>2</sup>	-290.49	15.2267	-19.0778	0.0000	-290.59	15.2223	-19.0896	0.0000
<i>LGDP</i> <sup>3</sup>	22.7606	1.1856	19.1979	0.0000	22.7679	1.1852	19.2094	0.0000
<i>LGDP</i> <sup>4</sup>	-0.6688	0.0345	-19.3861	0.0000	-0.6690	0.0345	-19.3975	0.0000
<i>Hausman test: Chi-Square Statistic, X<sup>2</sup> (Πιθανότητα Prob.):</i>					6.0296	(0.1969)		

\* Οι παλινδρομήσεις και ο έλεγχος *Hausman* έγιναν με τη βοήθεια του *EViews* 6. Σε παρένθεση παρουσιάζεται η τιμή της πιθανότητας του ελέγχου *Hausman*.

#### 4.4. Διαγνωστικοί έλεγχοι των καταλοίπων

##### Αυτοσυσχέτιση

Η αυτοσυσχέτιση είναι το φαινόμενο της έλλειψης ανεξαρτησίας μεταξύ διαφορετικών στοιχείων του διαταρακτικού όρου μιας παλινδρόμησης, είτε διαστρωματικών είτε διαχρονικών δεδομένων (χρονολογικές σειρές). Το φαινόμενο αυτό παραβιάζει μία από τις βασικές υποθέσεις για την εξαγωγή των καλύτερων γραμμικών αμερόληπτων εκτιμητών με τη μέθοδο των Ελάχιστων Τετραγώνων (*OLS*). Αυτό σημαίνει ότι ο διαταρακτικός όρος κάθε περιόδου συσχετίζεται με κάποιον ή κάποιους όρους των προηγούμενων περιόδων,

στην ουσία συσχετίζεται με κάποιον τρόπο είτε με τις ερμηνεύτηκες μεταβλητές της παρούσας περιόδου, είτε με κάποιες μεταβλητές σημαντικές οι οποίες όμως έχουν παραλειφθεί από το υπόδειγμα.

Οι συνέπειες από την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα είναι ότι οι εκτιμημένοι συντελεστές είναι αναποτελεσματικοί και οι εκτιμημένες διακυμάνσεις τους είναι μεροληπτικές. Έτσι δεν ισχύουν και δεν μπορούν να εφαρμοστούν οι έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας (Χάλκος, 2006). Κατά συνέπεια δεν είναι δυνατή η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων από την εξέταση του υποδείγματος, καθιστώντας το κενό ουσίας. Σύμφωνα με το Χάλκο (2006), οι αιτίες εμφάνισης της αυτοσυσχέτισης είναι:

- Η αδράνεια και κυκλικότητα που παρουσιάζουν οι χρονολογικές σειρές
- Η επίδραση τυχαίων γεγονότων ή διαρθρωτικών αλλαγών, που επηρεάζουν μακροχρόνια την εξέλιξη των χρονολογικών σειρών
- Ο χρόνος ανταπόκρισης της εξαρτημένης μεταβλητής σε μία παλινδρόμηση, στις μεταβολές των ερμηνευτικών μεταβλητών
- Η λανθασμένη εξειδίκευση του υποδείγματος που μπορεί να οφείλεται είτε στην παράλειψη μιας σχετικής ερμηνευτικής μεταβλητής, είτε στην υιοθέτηση λανθασμένης συναρτησιακής σχέσης, είτε στην παράλειψη της επίδρασης της εξαρτημένης μεταβλητής των προηγούμενων περιόδων στην διαχρονική της εξέλιξη.

Στην περίπτωση του υποδείγματος της εξίσωσης 4.3.3, το τεστ *Hausmann* έδειξε ότι οι μη παρατηρούμενες επιδράσεις δε συσχετίζονται με τις ερμηνευτικές μεταβλητές και κατά συνέπεια με το διαταρακτικό όρο (σφάλμα ιδιοσυγκρασίας) και γι' αυτό επιλέχθηκε ως συνεπέστερο το μοντέλο των τυχαίων επιδράσεων (*random effects*). Επιπλέον, ο έλεγχος εξειδίκευσης του υποδείγματος (παρ. 4.5), έδειξε ότι το υπόδειγμα είναι ορθά εξειδικευμένο και κατά συνέπεια δεν περιλαμβάνει περιττή μεταβλητή. Δεδομένου ότι οι μη παρατηρούμενες επιδράσεις οφείλονται σε μεταβλητές που λείπουν από το υπόδειγμα (γιατί δεν μπορεί να παρατηρηθούν), δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση είτε λόγω έλλειψης μιας σχετικής μεταβλητής, είτε λόγω παρουσίας μιας περιττής μεταβλητής.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ανάλυση, αφορούν τις εκπομπές των αέριων ρύπων σε σχέση με το πραγματικό ΑΕΠ της κάθε χώρας, υπολογιζόμενες έμμεσα με βάση την παραγωγική διαδικασία και την περιεκτικότητα σε Θείο των χρησιμοποιούμενων κάθε φορά καυσίμων. Από την άλλη, το πραγματικό ΑΕΠ είναι συνάρτηση της παραγωγής που οφείλεται στην παραγωγική δραστηριότητα και από εκεί πηγάζει η σχέση μεταξύ εκπομπών ρύπων και ΑΕΠ, που αποτελεί και αντικείμενο της έρευνας. Η απόκριση επομένως

των κατά κεφαλή εκπομπών των αέριων ρύπων ( $Sc$ ) στις μεταβολές του κατά κεφαλή ΑΕΠ ( $GDP_c$ ) είναι άμεση εξ' ορισμού, και δεν προσθέτει αυτοσυσχέτιση στο υπόδειγμα.

Η λύση του προβλήματος της αυτοσυσχέτισης, βρίσκεται στην παλινδρόμηση των πρώτων διαφορών των μεταβλητών (μετατρέποντας τες σε στάσιμες σειρές) αντί στα επίπεδά τους (Χάλκος, 2006). Αυτή η λύση στην περίπτωση μας απορρίφθηκε για τους λόγους που συζητήθηκαν στην παράγραφο 4.2 «Διαγνωστικοί έλεγχοι δεδομένων» αφού ελέγχθηκε με θετικό αποτέλεσμα η συνολοκλήρωση των μεταβλητών του υποδείγματος, εξαλείφοντας την επίδραση της αδράνειας και της κυκλικότητας στη δημιουργία αυτοσυσχέτισης. Τέλος, η επίδραση τυχαίων γεγονότων ή διαρθρωτικών αλλαγών που μπορεί να έλαβαν χώρα κάποια χρονική στιγμή εντός της περιόδου ανάλυσης, επηρέασαν ταυτόχρονα όλες τις μεταβλητές του υποδείγματος, χωρίς να αλλάξουν την μεταξύ τους σχέση και χωρίς να συμβάλλουν στη δημιουργία σημαντικής αυτοσυσχέτισης.

Με βάση τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του ελέγχου μοναδιαίας ρίζας στα κατάλοιπα της συνάρτησης συνολοκλήρωσης των μεταβλητών (στάσιμα κατάλοιπα, βλ. παρ. 4.2), η αυτοσυσχέτιση δεν αποτελεί πρόβλημα του υποδείγματος. Επιπλέον, η χρονική συσχέτιση του σφάλματος ιδιοσυγκρασίας σύμφωνα με τους *Kennedy* (2008) και *Grossman and Krueger* (1995), έχει ήδη αντιμετωπιστεί με τη χρήση της *panel data random effects* μεθόδου και της *E-GLS* μεθόδου εκτίμησης του υποδείγματος.

### Ετεροσκεδατικότητα

Στον πίνακα 4.4.1 στο τέλος της παραγράφου 4.4., παρουσιάζονται όλα τα τεστ που πραγματοποιήθηκαν, με τις τιμές των στατιστικών όπως εκτιμήθηκαν και τις αντίστοιχες κρίσιμες τιμές τους. Στη συνέχεια της παραγράφου, παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι διαδικασίες των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν.

Το αρχικό υπόδειγμα του ελέγχου, είναι αυτό που περιγράφεται στην εξίσωση 4.5.4:

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \underbrace{\mu_{it} + u_{it}}_{e_{it}} \quad (4.5.4)$$

Από την εκτίμηση του υποδείγματος με την *panel EGLS random effects* μέθοδο, κρατάμε τα εκτιμημένα κατάλοιπα και τις εκτιμημένες τιμές του λογαρίθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$ ,  $\hat{e}_{it}$  και  $\widehat{LSc}_{it}$  αντίστοιχα.

### 1<sup>ος</sup> έλεγχος (*Breusch-Pagan-Godfrey* τεστ)

Το πρώτο τεστ ελέγχου για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα είναι των *Breusch-Pagan-Godfrey*, σύμφωνα με το οποίο παλινδρομούμε το τετράγωνο των εκτιμημένων καταλοίπων  $\hat{\mu}_t^2$  με όλες τις μεταβλητές της 4.3.9:

$$\hat{e}_{it}^2 = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{cit} + \beta_2 LGDP_{cit}^2 + v_{it} \quad (4.4.1)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$  με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας, όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου στην 4.4.1,  $N$  ο αριθμός των στρωμάτων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού διαταρακτικού όρου, έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Halkos 2003a, Χάλκος 2006, EViews 6 2007).

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει την εναλλακτική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 11.827 > F_{2,1592} = 4.61$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ενώ όσο αφορά τη στατιστική  $LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.014632 = 23.35 > X_{0.01,2}^2 = 9.12$  και υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

### 2<sup>ος</sup> έλεγχος (*Glejser* τεστ)

Το δεύτερο τεστ ελέγχου για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα είναι του *Glejser*, σύμφωνα με το οποίο παλινδρομούμε την απόλυτη τιμή των εκτιμημένων καταλοίπων  $|\hat{\mu}_t|$  με όλες τις μεταβλητές της 4.3.9:

$$|\hat{e}_{it}| = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{cit} + \beta_2 LGDP_{cit}^2 + v_{it} \quad (4.4.2)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$  με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου,  $N$  ο αριθμός των στρωμάτων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού διαταρακτικού όρου έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Halkos 2003a, Χάλκος 2006, EViews 6 2007)

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει την εναλλακτική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 9.379 > F_{2,1592} = 4.61$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ενώ όσο αφορά τη στατιστική

$LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.011639 = 18.58 > X_{0.01,2}^2 = 9.12$  και υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

### 3<sup>ος</sup> έλεγχος

Σύμφωνα με τον τρίτο έλεγχο για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα (Halkos, 2003a), παλινδρομούμε το τετράγωνο των εκτιμημένων καταλοίπων  $\hat{\mu}_t^2$  με τις εκτιμημένες τιμές  $\widehat{LSc}_{it}$  του λογάριθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO^2$ :

$$\hat{e}_{it}^2 = \beta_0 + \widehat{LSc}_{it} + v_{it} \quad (4.4.3)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$  με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου,  $N$  ο αριθμός των στρωμάτων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού διαταρακτικού όρου έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Halkos 2003a, EVIEWS 6 2007)

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει την εναλλακτική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 22.670 > F_{1,1593} = 6.63$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ενώ όσο αφορά τη στατιστική  $LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.014023 = 22.38 > X_{0.01,1}^2 = 6.635$  και υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

### 4<sup>ος</sup> έλεγχος

Σύμφωνα με τον τέταρτο έλεγχο για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα (Halkos, 2003a), παλινδρομούμε το τετράγωνο των εκτιμημένων καταλοίπων  $\hat{\mu}_t^2$  με τις εκτιμημένες τιμές  $\widehat{LSc}_{it}$  του λογάριθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  και των τετραγώνων τους:

$$\hat{e}_{it}^2 = \beta_0 + \widehat{LSc}_{it} + \left(\widehat{LSc}_{it}\right)^2 + v_{it} \quad (4.4.4)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$  με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου,  $N$  ο αριθμός των στρωμάτων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού

διαταρακτικού όρου έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Halkos 2003a, EViews 6 2007)

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει την εναλλακτική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 12.409 > F_{2,1592} = 4.61$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ενώ όσο αφορά τη στατιστική  $LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.015341 = 24.48 > X_{0.01,2}^2 = 9.21$  και υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

#### 5<sup>ος</sup> έλεγχος (Harvey τεστ)

Το πέμπτο τεστ ελέγχου για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα είναι του *Harvey*, σύμφωνα με το οποίο παλινδρομούμε τον λογάριθμο του τετραγώνου των εκτιμημένων καταλοίπων  $\hat{e}_{it}$  με όλες τις μεταβλητές της 4.3.9:

$$\ln(\hat{e}_{it}^2) = \beta + \beta_1 LGDPPC_{it} + \beta_2 LGDPPC_{it}^2 + v_{it} \quad (4.4.5)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$  με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου,  $N$  ο αριθμός των στρωμάτων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού διαταρακτικού όρου έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Halkos 2003a, Χάλκος 2006, EViews 6 2007)

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει τη μηδενική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 2.265 < F_{2,1592} = 3.00$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, ενώ όσο αφορά τη στατιστική  $LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.002836 = 4.53 < X_{0.05,2}^2 = 5.991$  και δεν υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

#### 6<sup>ος</sup> έλεγχος (White τεστ)

Το έκτο τεστ ελέγχου για ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα είναι του *White*, σύμφωνα με το οποίο παλινδρομούμε το τετράγωνο των εκτιμημένων καταλοίπων  $\hat{e}_{it}$  με τα τετράγωνα όλων των μεταβλητών της 4.3.9:

$$\hat{e}_{it}^2 = \beta + \beta_1 LGDPC_{it} + \beta_2 LGDPC_{it}^2 + \beta_3 LGDPC_{it}^3 + \beta_4 LGDPC_{it}^4 + v_{it} \quad (4.5.6)$$

Η στατιστική ελέγχου είναι η  $F$  με βαθμούς ελευθερίας  $k-1$  στον αριθμητή και  $NT-k-1$  για τον παρονομαστή ή ο λαγκρασσιανός πολλαπλασιαστής  $LM$  ο οποίος κατανέμεται ως  $X_{a,p}^2$

με  $p=k-1$  βαθμούς ελευθερίας όπου  $k$  το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου,  $N$  ο αριθμός των στρώματων και  $T$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη ομοσκεδαστικού διαταρακτικού όρου έναντι της εναλλακτικής που είναι η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της αρχικής παλινδρόμησης (Χάλκος 2006, EViews 6 2007)

Ο έλεγχος αποτυγχάνει να απορρίψει την εναλλακτική υπόθεση, καθώς  $F_{test} = 8.178 > F_{4,1590} = 3.32$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ενώ όσο αφορά τη στατιστική  $LM$ , έχω:  $LM = n * R^2 = 1596 * 0.020146 = 32.15 > X^2_{0.01,4} = 13.277$ , και υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

#### Αντιμετώπιση του προβλήματος της ετεροσκεδαστικότητας

Η ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας κάνει τους εκτιμητές των παραμέτρων αναποτελεσματικούς ενώ παραμένουν συνεπείς και τα τυπικά τους σφάλματα μεροληπτικά. Η μεροληψία των τυπικών σφαλμάτων αντιμετωπίζεται με τη χρήση του ανθεκτικού (*robust*) *White* εκτιμητή. Εφόσον το καταλληλότερο υπόδειγμα για την ανάλυση των δεδομένων μας είναι αυτό των τυχαίων επιδράσεων, η παρατηρούμενη ετεροσκεδαστικότητα του διαταρακτικού όρου οφείλεται τόσο στο σφάλμα ιδιοσυγκρασίας όσο και στις τυχαίες επιδράσεις ανάμεσα στα στρώματα (χώρες) Το υπόδειγμα 4.3.9. επανεκτιμάται με βάση τον ανθεκτικό (*robust*) στην ετεροσκεδαστικότητα, εκτιμητή του *White* (*White Cross-section*). (Χάλκος Ε.Γ. 2006, Χρήστου Κ. Γ. 2007, EViews 6 2007), ο οποίος δίνει συνεπείς εκτιμήσεις των τυπικών σφαλμάτων και συν-διακυμάνσεων.

**Πίνακας 4.4.1:** Έλεγχοι για ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στο υπόδειγμα 4.5.4\*

Έλεγχοι για ετεροσκεδαστικότητα	$F_{test}$	$F_{crit}$	$LM_{test}$	$X^2_{crit}$
1 <sup>ος</sup> Έλεγχος: <b>Breusch-Pagan-Godfrey</b> τεστ	11.827	4.61	23.350	9.120
2 <sup>ος</sup> Έλεγχος: <b>Glejser</b> τεστ	9.379	4.61	18.580	9.120
3 <sup>ος</sup> Έλεγχος: $\hat{e}_{it}^2 = \beta_0 + \widehat{LSPC}_{it} + v_{it}$	22.670	6.63	22.380	6.635
4 <sup>ος</sup> Έλεγχος: $\hat{e}_{it}^2 = \beta_0 + \widehat{LSPC}_{it} + \left(\widehat{LSPC}_{it}\right)^2 + v_{it}$	12.409	4.61	24.480	9.210
5 <sup>ος</sup> Έλεγχος: <b>Harvey</b> τεστ	2.265	3.00	4.530	5.991
6 <sup>ος</sup> Έλεγχος: <b>White</b> τεστ	8.178	3.32	32.150	13.277

\* Οι σχετικοί έλεγχοι και παλινδρομήσεις έγιναν με το EViews 6.



#### 4.5. Έλεγχος ορθής εξειδίκευσης του υποδείγματος και κανονικότητας των καταλοίπων

Η έννοια του ορθά εξειδικευμένου υποδείγματος υποδηλώνει ότι η προτεινόμενη συναρτησιακή σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των ερμηνευτικών μεταβλητών συμφωνεί με την αληθινή σχέση που διέπει τον πληθυσμό, δηλαδή ότι από το υπόδειγμα δεν λείπει καμία σχετική ερμηνευτική μεταβλητή. Ταυτόχρονα δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτό περιττές (άσχετες) μεταβλητές (Χάλκος Γ. 2006).

Οι συνέπειες του σφάλματος εξειδίκευσης δημιουργούν προβλήματα στην ερμηνεία των γραμμικών υποδειγμάτων πολλαπλής παλινδρόμησης. Οι συνέπειες από την παράλειψη μιας σχετικής ερμηνευτικής μεταβλητής είναι: α) η μεροληψία των εκτιμητών καθώς προκαλείται συσχέτιση του διαταρακτικού όρου με τις ερμηνευτικές μεταβλητές είτε λόγω λάθους συναρτησιακής μορφής είτε παράλειψης μιας σχετικής ερμηνευτικής μεταβλητής είτε και λόγω λάθους στις μετρήσεις των ερμηνευτικών μεταβλητών και, β) η αναποτελεσματικότητα των εκτιμητών καθώς τα τυπικά σφάλματα είναι μεγαλύτερα όταν συμπεριλαμβάνονται περιττές ερμηνευτικές μεταβλητές.

Στην περίπτωση του υποδείγματος των τυχαίων επιδράσεων εξ' ορισμού οι μη παρατηρούμενες επιδράσεις είναι ασυσχέτιστες με τις ερμηνευτικές μεταβλητές (τεστ *Hausmann*). Κατά συνέπεια η πιθανή λανθασμένη εξειδίκευση θα προέρχεται από λάθος στις μετρήσεις των μεταβλητών, πρόβλημα για το οποίο δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε κάποια τεχνική για την επίλυσή του. Ο έλεγχος για την ορθή ή όχι εξειδίκευση του υποδείγματος γίνεται με το *RESET* τεστ (*Regression Specification Error Test*). Το τεστ στηρίζεται στη στατιστική  $LM = n * R^2$ , όπου  $n$  είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και  $R^2$  είναι ο συντελεστής προσδιορισμού της βοηθητικής παλινδρόμησης. Η στατιστική  $LM$  κατανέμεται ως  $\chi^2_{\alpha, p}$  με  $p$  βαθμούς ελευθερίας όσες και οι ερμηνευτικές μεταβλητές στη βοηθητική παλινδρόμηση. Ο έλεγχος γίνεται σε τρεις βοηθητικές παλινδρομήσεις που παρουσιάζονται στις εξισώσεις 4.5.1 έως 4.5.3 (Χάλκος Γ. 2006, Halkos E.G. 2003a):

$$\hat{e}_{it} = \alpha_1 \widehat{LSc}_{it}^2 + v_{it} \quad (4.5.1)$$

$$\hat{e}_{it} = \alpha_1 \widehat{LSc}_{it}^2 + \widehat{LSc}_{it}^3 + v_{it} \quad (4.5.2)$$

$$\hat{e}_{it} = \alpha_1 \widehat{LSc}_{it}^2 + \widehat{LSc}_{it}^3 + \widehat{LSc}_{it}^4 + v_{it} \quad (4.5.3)$$

Στις εξισώσεις 4.5.1 έως 4.5.3. το  $\hat{e}_{it}$  και το  $\widehat{LSc}_{it}$ , αποτελούν τις εκτιμημένες τιμές των καταλοίπων και του λογάριθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  αντίστοιχα, από την παλινδρόμηση της εξίσωσης 4.3.3:

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + \underbrace{\mu_{it} + u_{it}}_{e_{it}} \quad (4.3.3)$$

Στον πίνακα 4.5.1, παρουσιάζονται οι έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης *RESET* του υποδείγματος μαζί με τις στατιστικές ελέγχου *LM* και τις κριτικές τιμές της στατικής  $X^2_{\alpha,p}$ , με 1, 2 και 3 βαθμούς ελευθερίας για κάθε μια από τις εξισώσεις 4.5.1, 4.5.2 και 4.5.3 αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.5.1:** Έλεγχοι ορθής εξειδίκευσης του υποδείγματος (*RESET*)\*

<b>RESET τεστ : n = 1596</b>					
	Συντελεστής Προσδιορισμού $R^2$	Στατιστική Ελέγχου $LM$	Κριτικές τιμές $X^2$ $\alpha = 0.05$ $\alpha = 0.01$		β.ε. της $X^2$
Εξίσωση <b>4.5.1</b>	0.002030	3.240	3.841	6.635	1
Εξίσωση <b>4.5.2</b>	0.009175	14.643	5.991	9.210	2
Εξίσωση <b>4.5.3</b>	0.010879	17.363	7.815	11.345	3

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 4.5.1, προκύπτει ότι μόνο για τη βοηθητική εξίσωση 4.5.1 γίνεται δεκτή τη μηδενική υπόθεση του ελέγχου και δεν έχω πρόβλημα εξειδίκευσης. Αυτό υποδηλώνει ότι η ορθότερη εξειδίκευση του υποδείγματος είναι η τετραγωνική:

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \underbrace{\mu_{it} + u_{it}}_{e_{it}} \quad (4.5.4)$$

Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι η προσθήκη της  $LGDPc_{it}^3$  στο δεξιό μέρος του υποδείγματος 4.5.4, μειώνει τη στατιστική σημαντικότητα του σταθερού όρου από 0.01 σε 0.05, και διατηρεί την κανονικότητα των καταλοίπων, εντούτοις δεν διατηρεί την ορθότητα των προσήμων των εκτιμημένων συντελεστών. Η προσθήκη επιπλέον της  $LGDPc_{it}^4$  στο δεξιό μέρος της 4.5.4, βελτιώνει το υπόδειγμα από την άποψη των προσήμων των συντελεστών, ενώ αυξάνει ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  και αυξάνονται

τα τυπικά σφάλματα των παραμέτρων, υποδηλώνοντας έτσι την ύπαρξη του προβλήματος πολυσυγγραμμικότητας μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών. Τέλος η προσθήκη μόνο της  $LGDPc_{it}^4$  στο δεξιό μέρος της 4.5.4, καθιστά τον σταθερό όρο μη σημαντικό ενώ δεν διατηρεί την ορθότητα των προσήμων. Στον πίνακα 4.5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την παλινδρόμηση των τεσσάρων, διαφορετικής εξειδίκευσης, υποδειγμάτων.

Ο επανέλεγχος του υποδείγματος 4.5.4, επιβεβαιώνει την καταλληλότητα της λογαριθμικής γραμμικής εξειδίκευσής του. Ο έλεγχος της συνολοκλήρωσης των μεταβλητών  $LSc_{it}$ ,  $LGDPc_{it}$  και  $LGDPc_{it}^2$  καταλήγει στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και οι μεταβλητές συνολοκληρώνονται σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Το τεστ *Hausmann* με βάση την παλινδρόμηση 4.5.4 δίνει μια στατιστική  $X^2=5,631$  με δύο βαθμούς ελευθερίας και πιθανότητα (*Prob.*) του ελέγχου 0.06, κάνοντας αποδεκτή τη μηδενική υπόθεση της μη συσχέτισης των μη παρατηρούμενων επιδράσεων με τις ερμηνευτικές μεταβλητές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Τέλος, ο έλεγχος ορθής εξειδίκευσης του υποδείγματος με βάση την εξίσωση ελέγχου 4.5.1, οδηγεί στην αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης και το υπόδειγμά μας είναι ορθά εξειδικευμένο.

**Πίνακας 4.5.2:** Εκτίμηση των παραμέτρων για τα *random effects* μοντέλα \*

<b>Υποδείγματα τυχαίων επιδράσεων (<i>Random effects model</i>)</b>				
	<b>1<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b>	<b>2<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b>	<b>3<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b>	<b>4<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b>
<b>Σταθερός</b>	-94.606 (-51.511)	40.530 (2.076)	-3513.427 (-19.089)	13.032 (0.886)
<b>LGDPc</b>	21.906 (51.627)	-25.773 (-3.752)	1649.539 (19.050)	-11.871 (-2.582)
<b>(LGDPc)<sup>2</sup></b>	-1.225 (-50.201)	4.354 (5.424)	-290.587 (-19.090)	1.741 (4.323)
<b>(LGDPc)<sup>3</sup></b>		-0.216405 (-6.953)	22.768 (19.210)	
<b>(LGDPc)<sup>4</sup></b>			-0.669 (-19.397)	-0.0067 (-7.377)
<b>Jarque-Bera</b>	46.43123 (0.0000)	61.08664 (0.0000)	86.75867 (0.0000)	62.69805 (0.0000)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.705739	0.714463	0.769167	0.715515
<b>1<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b> $LS_{c_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + e_{it}$				
<b>2<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b> $LS_{c_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + e_{it}$				
<b>3<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b> $LS_{c_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^3 + \alpha_4 LGDPc_{it}^4 + e_{it}$				
<b>4<sup>ο</sup> Υπόδειγμα</b> $LS_{c_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \alpha_3 LGDPc_{it}^4 + e_{it}$				

\* Οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*. Στις παρενθέσεις παρουσιάζονται οι *t*-στατιστικές των εκτιμημένων παραμέτρων και οι πιθανότητες του *Jarque-Bera* τεστ.

## Κεφάλαιο 5

### Εμπειρικά αποτελέσματα

#### 5.1. Η επίδραση των μεταβλητών $LGDPc$ και $LGDPc^2$

Το τελικό υπόδειγμα είναι το 4.5.4 και παρουσιάζεται παρακάτω. Τα αποτελέσματα από την παλινδρόμηση του τελικού υποδείγματος παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1.1.

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \underbrace{\mu_{it} + u_{it}}_{e_{it}} \quad (4.5.4)$$

Η μέθοδος εκτίμησης είναι η Εκτιμημένη *Generalized Least Squares* (EGLS), ενώ τα τυπικά σφάλματα και οι συνδιακυμάνσεις είναι συνεπείς κατά *White* ως προς την ετεροσκεδαστικότητα.

**Πίνακας 5.1.1:** Αποτελέσματα εκτίμησης του τελικού υποδείγματος τυχαίων επιδράσεων \*

Μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	Στατιστική - t	Πιθανότητα (Prob.)
<b>Σταθερός</b>	-94.606	3.411	-27.736	0.000
<b><math>LGDPc</math></b>	21.906	0.804	27.261	0.000
<b><math>LGDPc^2</math></b>	-1.225	0.048	-25.659	0.000
<b><math>R^2</math></b>	0.705739			
<b>Μέθοδος εκτίμησης: Panel EGLS (Cross-section random effects)</b>				
<b>Περίοδοι</b>	133			
<b>Στρώματα</b>	12			
<b>Παρατηρήσεις</b>	1596			
<b>White cross-section standard errors &amp; covariance (d.f. corrected)</b>				

\* Η παλινδρόμηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του *EViews* 6.

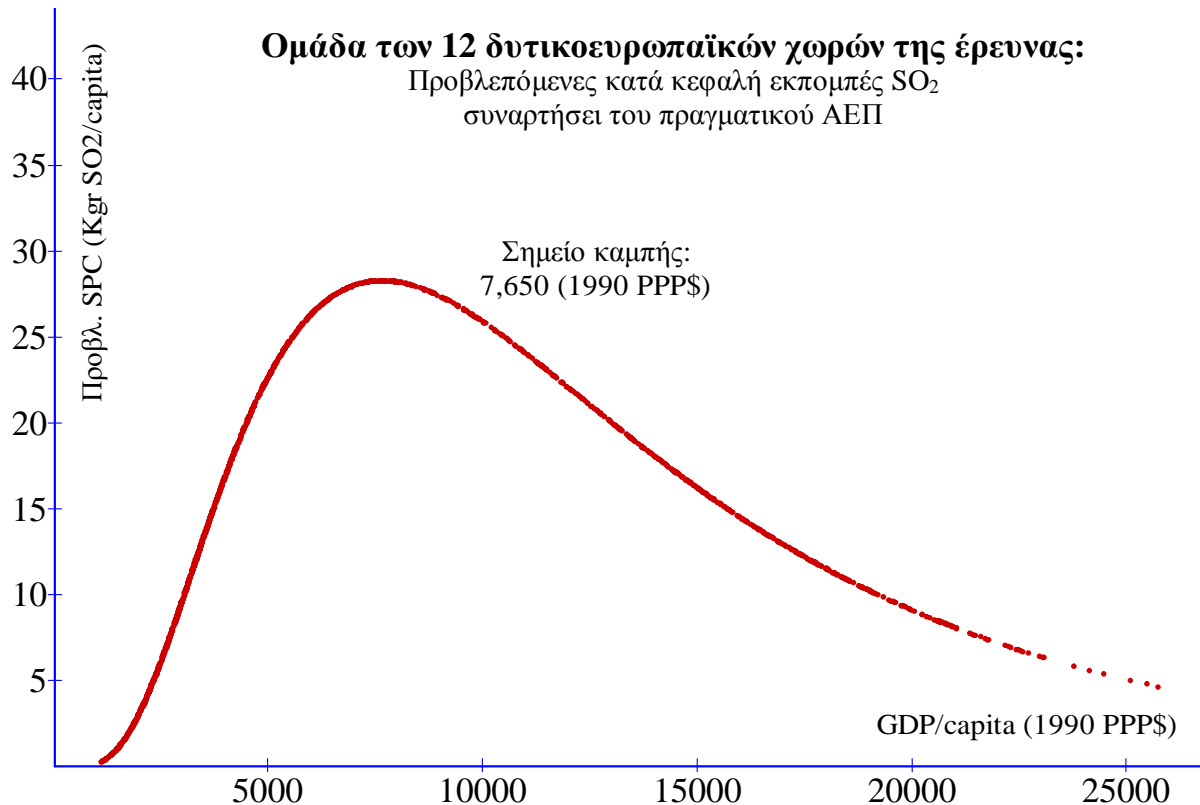
Το εκτιμημένο υπόδειγμα 4.5.4 παρουσιάζεται στην εξίσωση 5.1.1:

$$\widehat{LSc} = -94.606 + 21.906 * \widehat{LGDPc} - 1.225 * \widehat{LGDPc^2} \quad (5.1.1)$$

Το υπόδειγμα παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα ( $R^2 = 0.71$  ή 71%), με το 71% της συμπεριφοράς του λογάριθμου των εκπομπών  $SO_2$  να εξηγείται από τις ερμηνευτικές μεταβλητές  $LGDPc$  και  $LGDPc^2$ . Η συνολική στατιστική σημαντικότητα του υποδείγματος είναι υψηλή ( $F_{stat.} = 1910$ ,  $Prob-(F_{stat.}) = 0.0000$ ), ενώ η ατομική στατιστική

σημαντικότητα  $t$  των εκτιμημένων παραμέτρων, είναι εξίσου υψηλή ( $Prob-t_{stat.} = 0.0000$ ). Τα πρόσημα των μεταβλητών είναι τα αναμενόμενα από τη θεωρία των *EKC* ενώ το αρνητικό πρόσημο του σταθερού όρου υποδηλώνει ότι δεν υπάρχουν εκπομπές  $SO_2$  με το μηδενισμό του ΑΕΠ που σημαίνει σταμάτημα κάθε παραγωγικής ή ανθρώπινης δραστηριότητας.

**Διάγραμμα 5.1.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), συναρτήσει του κατά κεφαλή πραγματικού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, για την περίοδο 1870-2002<sup>13</sup>.



Η γραφική παράσταση των εκτιμημένων τιμών του λογάριθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  από τα *panel* δεδομένα για τις 12 δυτικοευρωπαϊκές χώρες συναρτήσει του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ, έχει τη χαρακτηριστική μορφή του αναστροφου  $U$ , όπως προβλέπεται από τη θεωρία της *EKC*. Για το σύνολο των χωρών της μελέτης, οι κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  αυξάνουν καθώς αυξάνεται το εισόδημα, ενώ η πορεία αυτή αναστρέφεται σε ένα επίπεδο πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ των 7,650\$. Στο διάγραμμα 5.1.1, παρουσιάζεται η εκτιμημένη καμπύλη, μαζί με το εκτιμημένο σημείο καμπής. Το σημείο καμπής της καμπύλης προκύπτει από την εξίσωση 5.1.1, λαμβάνοντας την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης και εξισώνοντας τη με το μηδέν. Σημειώνεται ότι η δεύτερη παράγωγος της

<sup>13</sup> Το διάγραμμα κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού *Graph* (Graph 2007)

καμπύλης 5.1.1, είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Ο τύπος υπολογισμού του σημείου καμπής παρουσιάζεται στην εξίσωση 5.1.2:

$$\text{Σημείο καμπής} = e^{(-\hat{\beta}_1/2\hat{\beta}_2)} \quad (5.1.2)$$

Όπου  $\hat{\beta}_1$  είναι ο εκτιμημένος συντελεστής του  $\widehat{LGDPc}$  και  $\hat{\beta}_2$  είναι ο εκτιμημένος συντελεστής του  $\widehat{LGDPc^2}$  (Halkos, 2003b). Επιπλέον είναι δυνατός ο υπολογισμός του σημείου καμπής και γραφικά, μέσω του λογισμικού δημιουργίας γραφημάτων *Graph* (Graph 2007)

## 5.2. Η επίδραση των μεταβλητών *REGyr*

Πέρα από την επίδραση του πραγματικού ΑΕΠ στις εκπομπές  $SO_2$ , ελέγχεται και η πιθανότητα αυτές να επηρεάζονται από τις επιβαλλόμενες κάθε φορά εθνικές ή διεθνείς νομοθετικές ρυθμίσεις (πρωτόκολλα, κανονισμοί και συμβάσεις) για την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των ψευδομεταβλητών (*REG*) που στόχο έχουν να αποτυπώσουν την αποτελεσματικότητα των αντίστοιχων εθνικών ή διεθνών πολιτικών παρακολούθησης, ελέγχου και επιβολής μέτρων αντιρρύπανσης (Markandya et al., 2006). Στον πίνακα 1 του παραρτήματος 2, παρουσιάζονται οι ημερομηνίες κλειδιά των νομοθετημάτων από το 1972 έως το 2001, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα επίπεδα των εκπομπών  $SO_2$  των ευρωπαϊκών χωρών της μελέτης. Οι μεταβλητές αυτές ορίζονται ως *REGyr* (όπου *yr* είναι τα δύο τελευταία ψηφία του αντίστοιχου έτους στο οποίο τέθηκε σε ισχύ η σχετική νομοθετική ρύθμιση: πχ *REG72* είναι η ψευδομεταβλητή που αναφέρεται στις ρυθμίσεις του 1972). Οι μεταβλητές αυτές παίρνουν την τιμή 1 από το χρόνο εφαρμογής της εκάστοτε ρύθμισης και μετά, ενώ για τα προηγούμενα έτη την τιμή 0. Αυτό είναι λογικό καθώς οποιαδήποτε επίδραση τέτοιων ρυθμίσεων δεν έχει αναδρομική ισχύ.

Με βάση το τελικό υπόδειγμα 4.5.4, ελέγχθηκε η ατομική στατιστική σημαντικότητα ξεχωριστά κάθε μιας εκ των μεταβλητών *REG72*, *REG75*, *REG79*, *REG80*, *REG84*, *REG85*, *REG87*, *REG88*, *REG89*, *REG92*, *REG93*, *REG94*, *REG96*, *REG99* και *REG01*. Από αυτές βρέθηκε μη στατιστικά σημαντική η *REG75*, ενώ η *REG72* είχε θετικό πρόσημο σε αντίθεση με τα αναμενόμενα και έτσι απορρίφθηκαν από το υπόδειγμα.

Στη συνέχεια ελέγχθηκε η ατομική αλλά και συνολική στατιστική σημαντικότητα αφενός των μεταβλητών αλλά και του υποδείγματος, προσθέτοντας κάθε φορά και μία επιπλέον ψευδομεταβλητή. Τα αποτελέσματα αυτών των παλινδρομήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2. Από το υπόδειγμα απορρίφθηκαν οι μεταβλητές *REG80*, *REG 84*, *REG85*,

**Πίνακας 5.2:** Αποτελέσματα εκτίμησης του τελικού υποδείγματος τυχαίων επιδράσεων με ψευδομεταβλητές \*

Μέθοδος εκτίμησης: *Panel EGLS (Cross-section random effects)*

*White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)*

Μεταβλητή	1 <sup>ο</sup>		2 <sup>ο</sup>		3 <sup>ο</sup>		4 <sup>ο</sup>		5 <sup>ο</sup>		6 <sup>ο</sup>		7 <sup>ο</sup>	
	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t
<b>Σταθερός</b>	-94.606	0.000	-82.874	0.000	-81.655	0.000	-77.939	0.000	-76.061	0.000	-74.608	0.000	-74.023	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub></b>	21.906	0.000	19.007	0.000	18.712	0.000	17.815	0.000	17.361	0.000	17.011	0.000	16.870	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup></b>	-1.225	0.000	-1.046	0.000	-1.029	0.000	-0.975	0.000	-0.948	0.000	-0.927	0.000	-0.918	0.000
<b>REG79</b>			-0.554	0.000	0.181	0.017	0.051	0.496	-0.075	0.374	-0.169	0.042	-0.210	0.011
<b>REG80 (απορ.)</b>					-0.799	0.000								
<b>REG84 (απορ.)</b>							-0.872	0.000						
<b>REG85 (απορ.)</b>									-0.862	0.000				
<b>REG87 (απορ.)</b>											-0.881	0.000		
<b>REG88 (απορ.)</b>													-0.896	0.000
<b>REG89</b>														
<b>REG92</b>														
<b>REG93</b>														
<b>REG94</b>														
<b>REG96</b>														
<b>REG99</b>														
<b>REG01 (απορ.)</b>														
<b>R<sup>2</sup></b>	0.71		0.72		0.72		0.74		0.74		0.75		0.75	
<b>F<sub>stat</sub></b>	1910.281		1355.157		1040.238		1118.997		1151.670		1185.494		1201.989	

\* Οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*



**Πίνακας 5.2:** Αποτελέσματα εκτίμησης του τελικού υποδείγματος τυχαίων επιδράσεων με ψευδομεταβλητές (συνέχεια) \*

Μέθοδος εκτίμησης: *Panel EGLS (Cross-section random effects)*

*White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)*

Μεταβλητή	8 <sup>ο</sup>		9 <sup>ο</sup>		10 <sup>ο</sup>		11 <sup>ο</sup>		12 <sup>ο</sup>		13 <sup>ο</sup>		14 <sup>ο</sup>	
	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t
<b>Σταθερός</b>	-73.614	0.000	-72.241	0.000	-71.862	0.000	-71.506	0.000	-70.959	0.000	-70.500	0.000	-70.48	0.000
<b>LGDPc</b>	16.771	0.000	16.440	0.000	16.349	0.000	16.263	0.000	16.131	0.000	16.020	0.000	16.014	0.000
<b>LGDPc<sup>2</sup></b>	-0.912	0.000	-0.892	0.000	-0.887	0.000	-0.882	0.000	-0.874	0.000	-0.867	0.000	-0.867	0.000
<b>REG79</b>	-0.248	0.003	-0.274	0.001	-0.281	0.000	-0.288	0.000	-0.298	0.000	-0.307	0.000	-0.307	0.000
<b>REG80 (απορ.)</b>														
<b>REG84 (απορ.)</b>														
<b>REG85 (απορ.)</b>														
<b>REG87 (απορ.)</b>														
<b>REG88 (απορ.)</b>														
<b>REG89</b>	-0.912	0.000	-0.460	0.000	-0.462	0.000	-0.464	0.000	-0.467	0.000	-0.469	0.000	-0.47	0.000
<b>REG92</b>			-0.589	0.000	-0.214	0.000	-0.214	0.000	-0.215	0.000	-0.215	0.000	-0.215	0.000
<b>REG93</b>					-0.415	0.000	-0.116	0.000	-0.116	0.000	-0.116	0.000	-0.116	0.000
<b>REG94</b>							-0.333	0.000	-0.081	0.002	-0.082	0.002	-0.082	0.002
<b>REG96</b>									-0.328	0.000	-0.159	0.003	-0.159	0.003
<b>REG99</b>											-0.300	0.000	-0.262	0.000
<b>REG01 (απορ.)</b>													-0.076	0.076
<b>R<sup>2</sup></b>	0.75		0.76		0.76		0.76		0.76		0.76		0.77	
<b>F<sub>stat</sub></b>	1217.300		1007.970		845.178		727.148		640.522		572.865		515.383	

\* Οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*

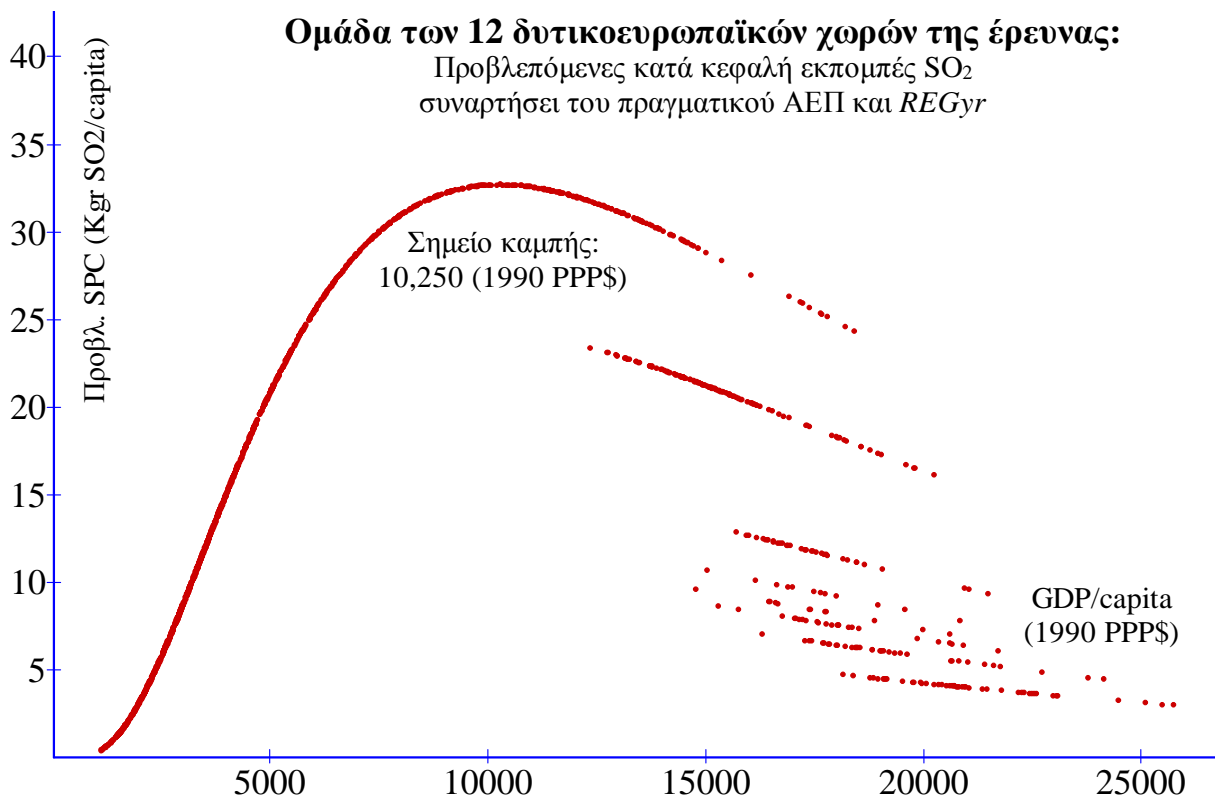
*REG87*, *REG88* και *REG01*, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Το εναλλακτικό υπόδειγμα διαμορφώνεται ως εξής (εξίσωση 5.2.1):

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \beta_1 REG79 + \beta_2 REG89 + \beta_3 REG92 + \beta_4 REG93 + \beta_5 REG94 + \beta_6 REG96 + \beta_7 REG99 + e_{it} \quad (5.2.1)$$

Το υπόδειγμα 5.2.1, βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικό ( $F_{stat} = 572.86$ ) με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0.765$ , βελτιωμένο σε σχέση με το υπόδειγμα χωρίς τις ψευδομεταβλητές (υπόδειγμα 4.5.4). Οι εκτιμημένοι παράμετροι βρέθηκαν να είναι όλοι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 και εμφανίζονται με τα αναμενόμενα από τη θεωρία πρόσημα. Το εκτιμημένο υπόδειγμα παρουσιάζεται στην εξίσωση 5.2.2, που ακολουθεί:

$$LSc_{it} = -70.5 + 16.131 * LGDPc_{it} - 0.874 * LGDPc_{it}^2 - 0.307 * REG79 - 0.469 * REG89 - 0.215 * REG92 - 0.116 * REG93 - 0.082 * REG94 - 0.159 * REG96 - 0.3 * REG99 + e_{it} \quad (5.2.2)$$

**Διάγραμμα 5.2.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), συναρτήσει του κατά κεφαλή πραγματικού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και των μεταβλητών *REGyr*, για την περίοδο 1870-2002<sup>14</sup>.



<sup>14</sup> Το διάγραμμα κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού *Graph* (Graph 2007)

Στο διάγραμμα 5.2.1, παρουσιάζεται η εκτιμημένη καμπύλη, μαζί με το εκτιμημένο σημείο καμπής. Το σημείο καμπής της καμπύλης προκύπτει από την εξίσωση 5.2.2, λαμβάνοντας την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης ως προς την  $LGDP_c$  και εξισώνοντας τη με το μηδέν. Σημειώνεται ότι η δεύτερη παράγωγος της καμπύλης 5.2.2, είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Ο τύπος υπολογισμού του σημείου καμπής, είναι αυτός που παρουσιάστηκε στην εξίσωση 5.1.2. Τα σύμβολα έχουν την ίδια ερμηνεία με προηγουμένως.

$$\text{Σημείο καμπής} = e^{(-\hat{\beta}_1/2\hat{\beta}_2)} \quad (5.1.2)$$

Επιπλέον είναι δυνατός ο υπολογισμός του σημείου καμπής και γραφικά, μέσω του λογισμικού δημιουργίας γραφημάτων *Graph* (Graph 2007)

### 5.3. Η επίδραση της χρονικής τάσης

Η χρονική τάση χρησιμοποιήθηκε ως ερμηνευτική μεταβλητή στο κλασσικό υπόδειγμα *EKC*, από την αρχή της ιστορίας του. Οι *Shafik* και *Bandyopadhyay* (1992), *Grossmann* και *Krueger* (1993, 1995), *Shafik* (1994), *Ansuategi A.* (2003), *Markandya et al.* (2006), *Panayotou* (1997) και άλλοι, αιτιολογούν τη χρήση της ως τη μεταβλητή που θα ενσωματώσει, περιγράψει τη γενική χρονική εξέλιξη των εκπομπών  $SO_2$  που οφείλονται σε μη παρατηρήσιμους παράγοντες ή μη συμπεριληφθείσες μεταβλητές (τεχνολογική πρόοδος, ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, προτιμήσεις που είναι ανεξάρτητες από το εισόδημα), στο υπόδειγμα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η χρέωση της μεταβολής των εκπομπών Θείου από τους παραπάνω παράγοντες, εξ' ολοκλήρου στο εισόδημα.

Η χρονική τάση ελέγχεται ως προς την επίδρασή της τόσο στο υπόδειγμα 4.5.4, όσο και στο υπόδειγμα 5.2.1. Η ατομική αλλά και συνολική στατιστική σημαντικότητα ελέγχονται σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Τα αποτελέσματα αυτών των παλινδρομήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3:

Από το υπόδειγμα απορρίφθηκαν οι ψευδομεταβλητές *REG80*, *REG 84*, *REG85* και *REG87*, ως μη στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Η ψευδομεταβλητή *REG01* δεν ελέγχθηκε διότι δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση του υποδείγματος. Το εναλλακτικό υπόδειγμα διαμορφώνεται ως εξής (εξίσωση 5.3.1):

$$\begin{aligned} LSc_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_{it}} + \alpha_2 LGDP_{c_{it}}^2 + \gamma TREND + \beta_1 REG79 + \beta_2 REG88 + \beta_3 REG89 \\ & + \beta_4 REG92 + \beta_5 REG93 + \beta_6 REG94 + \beta_7 REG96 + \beta_8 REG99 + e_{it} \end{aligned} \quad (5.3.1)$$

**Πίνακας 5.3:** Αποτελέσματα εκτίμησης του τελικού υποδείγματος τυχαίων επιδράσεων με τάση και ψευδομεταβλητές \*

**Μέθοδος εκτίμησης:** *Panel EGLS (Cross-section random effects)*

*White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)*

Μεταβλητή	1 <sup>ο</sup>		2 <sup>ο</sup>		3 <sup>ο</sup>		4 <sup>ο</sup>		5 <sup>ο</sup>		6 <sup>ο</sup>		7 <sup>ο</sup>	
	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t	Συντ/στής	Prob.-t
<b>Σταθερός</b>	-101.93	0.000	-90.097	0.000	-88.844	0.000	-85.042	0.000	-83.150	0.000	-81.655	0.000	-81.044	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub></b>	23.237	0.000	20.308	0.000	20.012	0.000	19.108	0.000	18.656	0.000	18.302	0.000	18.158	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup></b>	-1.270	0.000	-1.089	0.000	-1.072	0.000	-1.019	0.000	-0.992	0.000	-0.971	0.000	-0.963	0.000
<b>TREND</b>	-0.012	0.000	-0.012	0.000	-0.012	0.000	-0.011	0.000	-0.011	0.000	-0.011	0.000	-0.011	0.000
<b>REG79</b>			-0.563	0.000	0.132	0.053	0.016	0.809	-0.103	0.181	-0.193	0.012	-0.233	0.002
<b>REG80 (απορ.)</b>					-0.755	0.000								
<b>REG84 (απορ.)</b>							-0.833	0.000						
<b>REG85 (απορ.)</b>									-0.825	0.000				
<b>REG87 (απορ.)</b>											-0.844	0.000		
<b>REG88</b>													-0.858	0.000
<b>REG89</b>														
<b>REG92</b>														
<b>REG93</b>														
<b>REG94</b>														
<b>REG96</b>														
<b>REG99</b>														
<b>R<sup>2</sup></b>	0.72		0.74		0.74		0.75		0.76		0.76		0.77	
<b>F<sub>stat</sub></b>	1386.859		1111.911		908.935		974.734		1002.246		1030.141		1043.706	

\* Οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*

**Πίνακας 5.3:** Αποτελέσματα εκτίμησης του τελικού υποδείγματος τυχαίων επιδράσεων με τάση και ψευδομεταβλητές (συνέχεια)\*

**Μέθοδος εκτίμησης:** *Panel EGLS (Cross-section random effects)*

*White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)*

Μεταβλητή	8 <sup>ο</sup>		9 <sup>ο</sup>		10 <sup>ο</sup>		11 <sup>ο</sup>		12 <sup>ο</sup>		13 <sup>ο</sup>	
	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t	Συντ/ στής	Prob.-t
<b>Σταθερός</b>	-80.354	0.000	-78.887	0.000	-78.497	0.000	-78.138	0.000	-77.585	0.000	-77.122	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub></b>	17.996	0.000	17.651	0.000	17.558	0.000	17.472	0.000	17.339	0.000	17.228	0.000
<b>LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup></b>	-0.953	0.000	-0.933	0.000	-0.928	0.000	-0.923	0.000	-0.915	0.000	-0.908	0.000
<b>TREND</b>	-0.011	0.000	-0.010	0.000	-0.010	0.000	-0.010	0.000	-0.010	0.000	-0.010	0.000
<b>REG79</b>	-0.244	0.001	-0.268	0.000	-0.274	0.000	-0.281	0.000	-0.291	0.000	-0.299	0.000
<b>REG80 (απορ.)</b>												
<b>REG84 (απορ.)</b>												
<b>REG85 (απορ.)</b>												
<b>REG87 (απορ.)</b>												
<b>REG88</b>	-0.297	0.000	-0.303	0.000	-0.305	0.000	-0.306	0.000	-0.308	0.000	-0.310	0.000
<b>REG89</b>	-0.607	0.000	-0.176	0.000	-0.176	0.000	-0.177	0.000	-0.178	0.000	-0.178	0.000
<b>REG92</b>			-0.558	0.000	-0.197	0.000	-0.197	0.000	-0.197	0.000	-0.197	0.000
<b>REG93</b>					-0.399	0.000	-0.103	0.000	-0.103	0.000	-0.103	0.000
<b>REG94</b>							-0.330	0.000	-0.081	0.001	-0.082	0.001
<b>REG96</b>									-0.324	0.000	-0.156	0.004
<b>REG99</b>											-0.298	0.000
<b>R<sup>2</sup></b>	0.77		0.78		0.78		0.78		0.78		0.78	
<b>F<sub>stat</sub></b>	882.568		783.545		687.635		613.587		556.017		508.699	

\* Οι παλινδρομήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*

Το υπόδειγμα 5.3.1, βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικό ( $F_{stat} = 508.7$ ) με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0.78$ , βελτιωμένο σε σχέση με το υπόδειγμα χωρίς τις ψευδομεταβλητές και τάση (υπόδειγμα 4.5.4). Οι εκτιμημένοι παράμετροι βρέθηκαν να είναι όλοι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο 0.01 και εμφανίζονται με τα αναμενόμενα από τη θεωρία πρόσημα. Το εκτιμημένο υπόδειγμα παρουσιάζεται στην εξίσωση 5.3.2, που ακολουθεί:

$$\begin{aligned} LSc_{it} = & -77.12 + 17.23 * LGDPc_{it} - 0.91 * LGDPc_{it}^2 - 0.1 * Trend - 0.23 * REG79 \\ & - 0.31 * REG88 - 0.18 * REG89 - 0.2 * REG92 - 0.1 * REG93 - 0.08 * REG94 \\ & - 0.16 * REG96 - 0.3 * REG99 + e_{it} \end{aligned} \quad (5.3.2)$$

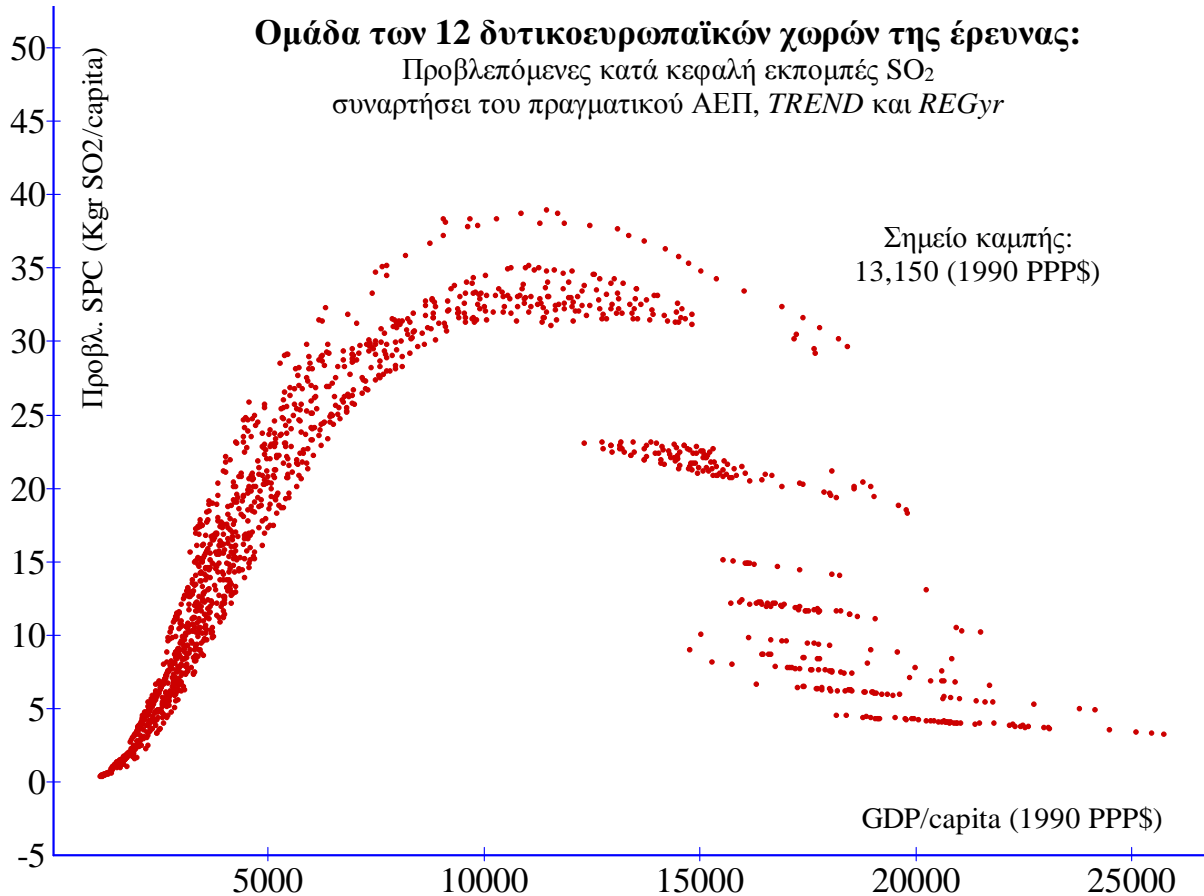
Η γραφική παράσταση των εκτιμημένων τιμών του λογάριθμου των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  από τα *panel* δεδομένα για τις 12 δυτικοευρωπαϊκές χώρες συναρτήσει του πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική τάση καθώς και την επίδραση των νομοθετικών ρυθμίσεων και κανονισμών που θεσπίστηκαν για τον έλεγχο και περιορισμό των εκπομπών  $SO_2$ , έχει τη χαρακτηριστική μορφή του ανάστροφου  $U$ , όπως προβλέπεται από τη θεωρία της *EKC*.

Για το σύνολο των χωρών της μελέτης, οι κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  αυξάνουν καθώς αυξάνεται το εισόδημα, ενώ η πορεία αυτή αναστρέφεται σε ένα επίπεδο πραγματικού κατά κεφαλή ΑΕΠ των 13,150\$. Στο διάγραμμα 5.3.1, παρουσιάζεται η εκτιμημένη καμπύλη, μαζί με το εκτιμημένο σημείο καμπής. Το σημείο καμπής της καμπύλης προκύπτει από την εξίσωση 5.3.2, λαμβάνοντας την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης ως προς την  $LGDPc$  και εξισώνοντας τη με το μηδέν. Σημειώνεται ότι η δεύτερη παράγωγος της εξίσωσης 5.3.2, είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Ο τύπος υπολογισμού του σημείου καμπής, είναι αυτός που παρουσιάστηκε στην εξίσωση 5.1.2. Τα σύμβολα έχουν την ίδια ερμηνεία με προηγουμένως.

$$\text{Σημείο καμπής} = e^{(-\hat{\beta}_1 / 2\hat{\beta}_2)} \quad (5.1.2)$$

Επιπλέον είναι δυνατός ο υπολογισμός του σημείου καμπής και γραφικά, μέσω του λογισμικού δημιουργίας γραφημάτων *Graph* (Graph, 2007)

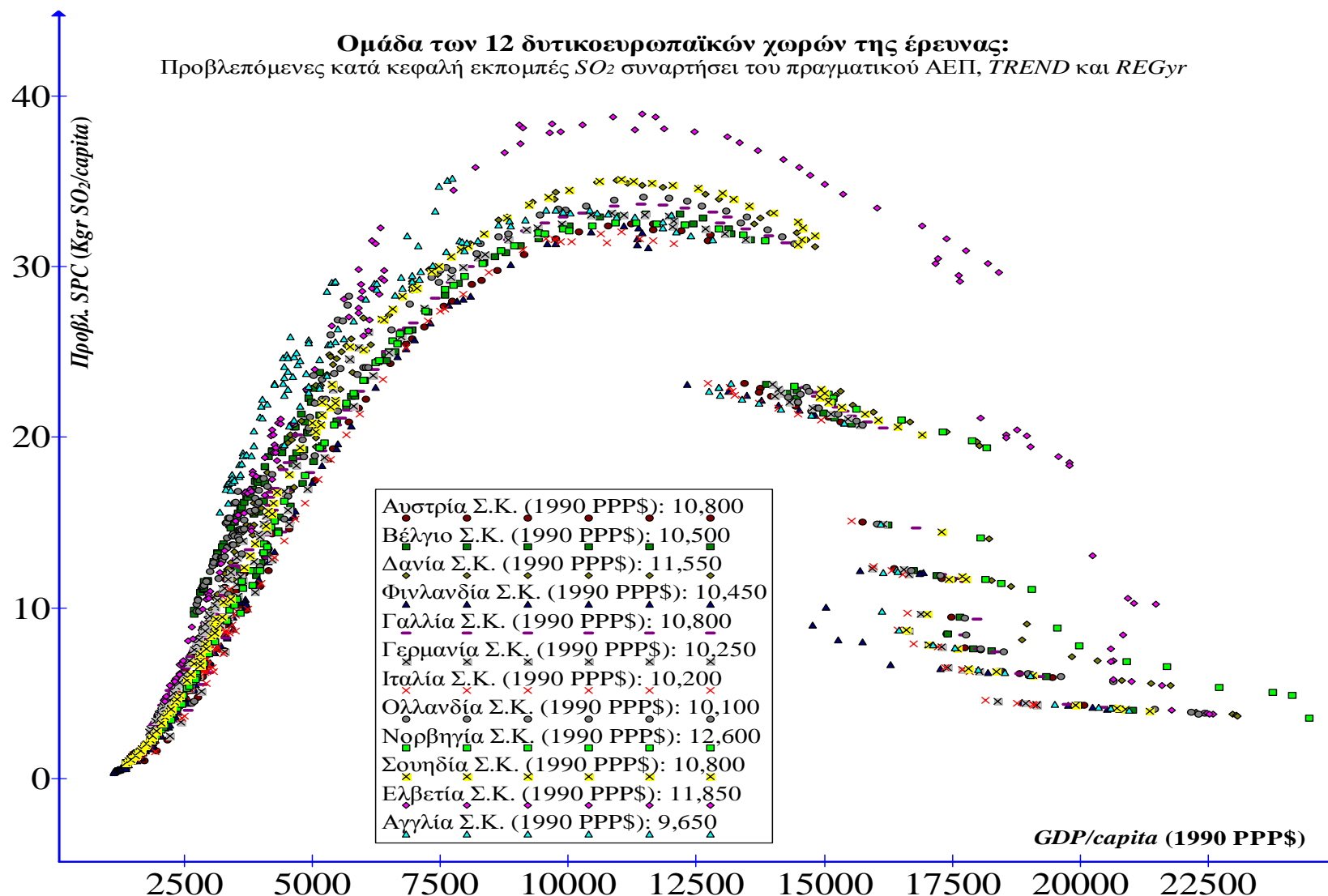
**Διάγραμμα 5.3.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), συναρτήσει του κατά κεφαλή πραγματικού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και των μεταβλητών *Trend* και *REGyr*, για την περίοδο 1870-2002<sup>15</sup>.



Μία εναλλακτική παρουσίαση του παραπάνω διαγράμματος μας δίνει τη δυνατότητα της γραφικής εκτίμησης των επιμέρους σημείων καμπής κάθε χώρας. αφού η εισαγωγή της χρονικής τάσης στο υπόδειγμα, μας δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού των διαφορετικών *EKC* καμπυλών. Στο διάγραμμα 5.3.2, παρουσιάζονται οι καμπύλες *EKC* που εκτιμήθηκαν από το υπόδειγμα 5.3.1 για κάθε μία επιμέρους χώρα της ομάδας, μαζί με τα αντίστοιχα σημεία καμπής. Τα σημεία καμπής δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, πράγμα που ήταν αναμενόμενο. Θα είναι ενδιαφέρουσα η σύγκριση των διαγραμμάτων αυτών για κάθε χώρα ως μέρος της ομάδας, με αυτά που θα προκύψουν από την εξέταση των δεδομένων για κάθε μία χώρα μεμονωμένα.

<sup>15</sup> Το διάγραμμα κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού *Graph* (Graph 2007)

**Διάγραμμα 5.3.2:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές Θείου (1870-2002), συναρτήσει του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ, *Trend* και *REGyr*, για την περίοδο 1870-2002. Το διάγραμμα κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού *Graph* (2007)





#### 5.4. Ανεξάρτητες χώρες

Τρεις διαφορετικές εξειδικεύσεις με βάση τη δευτεροβάθμια μορφή της *EKC*, ως προς το εισόδημα αφενός, και συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών χρονικής τάσης και *REGyr* αφετέρου, εκτιμώνται και στην περίπτωση της κάθε μιας χώρας ξεχωριστά. Καθώς οι μεταβλητές των υποδειγμάτων συνολοκληρώνονται, είναι δυνατή η εκτίμηση τους, χωρίς τον κίνδυνο της «νόθας» παλινδρόμησης. Στο επίπεδο των μεμονωμένων χωρών, λόγω της φύσης των δεδομένων μας (χρονολογικές σειρές) προχωρούμε στον έλεγχο για ύπαρξη αυτοπαλινδρόμησης υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας (αποτέλεσμα *ARCH*). Στην περίπτωση αυτή, ο υπό συνθήκη μέσος του διαταρακτικού όρου στην περίοδο  $t$  δεδομένης της τιμής του στην περίοδο  $t-p$ , δεν είναι μηδέν αλλά εξαρτάται από το  $t$ , ενώ ταυτόχρονα η υπό συνθήκη διακύμανση είναι ανεξάρτητη του  $t$  (Χάλκος, 2006). Δεδομένου του φαινομένου *ARCH*, τα κατάλοιπα μιας παλινδρόμησης θα εμφανίζουν αυτοσυσχέτιση, ενώ στην πραγματικότητα αυτό που θα υπάρχει είναι το αποτέλεσμα *ARCH*.

Ο έλεγχος *ARCH* και ο έλεγχος κανονικότητας των καταλοίπων, διενεργήθηκε στα κατάλοιπα της εξίσωσης 5.4.1 που παρουσιάζεται παρακάτω, για όλες τις χώρες της παρούσας εργασίας.

$$LSPC = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPPC + \alpha_2 LGDPPC^2 + e_t \quad (5.4.1)$$

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, το υπόδειγμα εκτιμήθηκε με τη μέθοδο *ML* (*Maximum Likelihood*) που παρέχεται από το *EViews 6*. Τέλος τα κατάλοιπα ελέγχθηκαν εκ νέου για αποτέλεσμα *ARCH* αλλά και ως προς την κανονικότητα. Τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 5.4.1.

Από την εξέταση του πίνακα 5.4.1, παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα από την παλινδρόμηση της 5.4.1 με την *OLS* μέθοδο, παρουσίασαν αποτέλεσμα *ARCH* για όλες τις χώρες της μελέτης σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Ταυτόχρονα η μηδενική υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων γίνεται δεκτή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 για όλες τις χώρες της μελέτης εκτός από: το Βέλγιο, την Ολλανδία, τη Σουηδία και τη Φινλανδία, για τις οποίες η μηδενική υπόθεση του ελέγχου απορρίπτεται σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας.

Το αποτέλεσμα *ARCH* αντιμετωπίστηκε με επιτυχία για όλες τις χώρες της μελέτης σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (με εξαίρεση την Αυστρία όπου η μηδενική υπόθεση της μη ύπαρξης αποτελέσματος *ARCH* γίνεται δεκτή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 ενώ απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05) εκτός από την Φινλανδία για την οποία απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση της μη ύπαρξης αποτελέσματος *ARCH*, σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας. Αντίστοιχα, η μηδενική υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων

**Πίνακας 5.4.1:** Διαγνωστικοί έλεγχοι των καταλοίπων της 5.4.1 για όλες τις χώρες της παρούσας εργασίας\*

	Έλεγχος καταλοίπων	<i>OLS</i>	<i>ML-ARCH</i>
<b>ΑΓΓΛΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.0000
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.7780
<b>ΑΥΣΤΡΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0322	0.3930
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.0457
<b>ΒΕΛΓΙΟ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.7950	0.0002
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.8020
<b>ΓΑΛΛΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0453	0.7303
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.5694
<b>ΓΕΡΜΑΝΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.2487
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.7947
<b>ΔΑΝΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.1472
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.9773
<b>ΕΛΒΕΤΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.8031
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0003	0.5640
<b>ΙΤΑΛΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.0070
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.6615
<b>ΝΟΡΒΗΓΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.0000	0.2332
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.8211
<b>ΟΛΛΑΝΔΙΑ</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.2660	0.0235
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.3696
<b>ΣΟΥΗΔΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.7270	0.4218
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.1330
<b>ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ:</b>	<i>Jarque-Bera (Prob.)</i>	0.1580	0.1642
	<i>ARCH (Prob.)</i>	0.0000	0.0011

\* Οι παλινδρομήσεις και οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του *EViews 6*.

γίνεται δεκτή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 (με εξαίρεση την Ολλανδία για την οποία η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05) για όλες τις χώρες εκτός από: την Αγγλία, το Βέλγιο, και την Ιταλία, για τις οποίες η μηδενική υπόθεση του ελέγχου απορρίφθηκε σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας.

Το πρόβλημα της μη κανονικότητας των καταλοίπων με τη χρήση της μεθόδου *ML* δεν είναι τόσο μεγάλο. Αν η υπόθεση της κανονικότητας δεν ισχύει, οι εκτιμήσεις των παραμέτρων θα είναι συνεπείς εφόσον οι εξισώσεις του μέσου και της διακύμανσης είναι σωστά εξειδικευμένες<sup>16</sup>. Όμως οι εκτιμήσεις των τυπικών σφαλμάτων των παραμέτρων δεν είναι κατάλληλες και πρέπει να εκτιμηθεί μία διαφορετική μήτρα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων (ανθεκτική στη μη κανονικότητα), όπως αυτή που προτάθηκε από τους *Bollerslev-Wooldridge* το 1992. Για τη σωστή εξειδίκευση των εν λόγω εξισώσεων χρησιμοποιήθηκε η ατομική στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων της εξίσωσης της διακύμανσης. Οι εκτιμήσεις των υποδειγμάτων με τη μέθοδο *ML* μαζί με τις τιμές της πιθανότητας της στατιστικής *z*, παρουσιάζονται στους πίνακες 5.4.2, 5.4.3, και 5.4.4.

Από την εξέταση του πίνακα 5.4.2 (υπόδειγμα 5.4.1, με ερμηνευτική μεταβλητή το εισόδημα), βλέπουμε ότι η υπόθεση της *EKC* επιβεβαιώνεται για όλες τις χώρες σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01, παρά το ότι στην περίπτωση της Γαλλίας το σημείο καμπής δεν μπορεί να εκτιμηθεί μαθηματικά (μικρός, κοντά στο μηδέν, συντελεστής του  $LGDPc^2$ ). Η προσαρμοστικότητα του υποδείγματος είναι υψηλή για όλες τις χώρες εκτός της Αυστρίας και της Ελβετίας (βλ. πίνακα 5.4.2), ενώ η συνολική στατιστική σημαντικότητα του υποδείγματος για όλες τις χώρες έχει πιθανότητα ελέγχου (*Prob.*)=0.0000.

Στην εικόνα 5.4.1, βλέπουμε ότι ο γραφικός υπολογισμός του σημείου καμπής της καμπύλης *SPC-LGDPc* για τη Γαλλία είναι ίσος με 10,900 *PPP*\$.1990 Για τις υπόλοιπες χώρες τα σημεία καμπής κυμαίνονται μεταξύ 4,350 (*PPP*\$ 1990) για την Αυστρία και 22,200 (*PPP*\$ 1990) για την Ιταλία. Αυτό το εύρος είναι πολύ μεγάλο αν αναλογιστεί κανείς το σημείο καμπής των 7,650\$ που εκτιμήθηκε για την ομάδα των χωρών της εργασίας. Οι εκτιμήσεις των σημείων καμπής για τις υπόλοιπες χώρες, έχουν ως εξής:

<b>Αγγλία:</b>	7,200\$	<b>Αυστρία:</b>	4,350\$	<b>Βέλγιο:</b>	7,600\$	<b>Γαλλία:</b>	10,900\$
<b>Γερμανία:</b>	6,350\$	<b>Δανία:</b>	9,800\$	<b>Ελβετία:</b>	11,050\$	<b>Ιταλία:</b>	22,200\$
<b>Νορβηγία:</b>	6,500\$	<b>Ολλανδία:</b>	7,250\$	<b>Σουηδία:</b>	7,850\$	<b>Φινλανδία:</b>	8,050\$

Από τις δώδεκα χώρες, πέντε παρουσιάζουν σημεία καμπής με απόκλιση  $\pm 1,000$ \$ από την εκτίμηση των 7,650\$ της ομάδας και συγκεκριμένα η Αγγλία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, η

<sup>16</sup> Χάλος Γ., σημειώσεις μαθήματος «Εφαρμοσμένη Οικονομετρία», ΠΜΣ 2008-2009, Α' εξάμηνο, 10.12.2008

Σουηδία και η Φινλανδία. Από τις υπόλοιπες έξι, οι εκτιμήσεις για τη Γερμανία και τη Νορβηγία, αποκλίνουν προς τα κάτω κατά 1,300\$ και 1,150\$ αντίστοιχα, ενώ οι εκτιμήσεις για τη Γαλλία, τη Δανία και την Ελβετία, αποκλίνουν προς τα πάνω κατά 3,250\$, 2,150\$ και 3,400\$ αντίστοιχα. Η Αυστρία και η Ιταλία παρουσιάζουν τις δύο ακραίες εκτιμήσεις με Σ.Κ. 4,350\$ και 22,200\$

Ο πίνακας 5.4.3 (υπόδειγμα 5.4.2 με μεταβλητές το εισόδημα και τη χρονική τάση),

$$LSPC = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPPC + \alpha_2 LGDPPC^2 + \gamma TREND + e_i \quad (5.4.2)$$

παρουσιάζει μια αντίστοιχη εικόνα. Για όλες τις χώρες, οι εκτιμημένες παράμετροι του υποδείγματος έχουν το αναμενόμενο πρόσημο, είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01, η προσαρμοστικότητα των υποδειγμάτων είναι υψηλή και η συνολική στατιστική σημαντικότητα έχει πιθανότητα ελέγχου  $Prob.=0.0000$ . Η υπόθεση *EKC* επιβεβαιώνεται για όλες τις χώρες. Όμως, τα εκτιμημένα σημεία καμπής για τη Δανία, τη Ιταλία και τη Σουηδία, είναι αρκετά υψηλότερα από τα αντίστοιχα κατά κεφαλή εισοδήματα των χωρών για το 2002, παρά το γεγονός ότι οι εκπομπές των ρύπων μειώνονται. Τα σημεία καμπής για τις παραπάνω χώρες, είναι αντίστοιχα 25,350, 29,700 και 31,900 *PPP\$* 1990. Στην περίπτωση του επαυξημένου υποδείγματος με τη χρονική τάση, για τη Γαλλία δεν μπορεί να εκτιμηθεί μαθηματικά το σημείο καμπής της καμπύλης *SPC-LGDPC* για τον ίδιο λόγο με παραπάνω (ο γραφικός υπολογισμός του σημείου καμπής της καμπύλης *SPC-LGDPC*, είναι ίσος με 10,750 *PPP\$* 1990).

Τα εκτιμημένα σημεία καμπής αποκλίνουν σημαντικά προς τα πάνω συγκριτικά με αυτά που εκτιμήθηκαν με το υπόδειγμα 5.4.1 (χωρίς τη χρονική τάση), εκτός από την περίπτωση της Ολλανδίας για την οποία η τάση, αν και στατιστικά σημαντική, έχει πολύ μικρή επίδραση (της τάξης του 0,9%).

Τέλος, ο πίνακας 5.4.4 (υπόδειγμα με μεταβλητές το εισόδημα, τη χρονική τάση και τις *REGyr*),

$$LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPC + \alpha_2 LGDPC^2 + \gamma TREND + \beta_i REG_i + e_i \quad (5.4.3)$$

παρουσιάζει μια παρόμοια με προηγουμένως εικόνα. Οι εκτιμημένες παράμετροι του υποδείγματος για όλες τις χώρες είναι στατιστικά σημαντικές τουλάχιστο σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, ενώ η προσαρμοστικότητα των υποδειγμάτων είναι υψηλή και η συνολική στατιστική σημαντικότητα τους, έχει πιθανότητα ελέγχου  $Prob.=0.0000$ . Εξαιρέση αποτελούν η Ιταλία για την οποία καμία από τις παραμέτρους των *LGDPC* και *LGDPC*<sup>2</sup>, δεν βρέθηκε να διαφέρει από το μηδέν για ένα διάστημα εμπιστοσύνης 1%, και η Νορβηγία για την οποία η χρονική τάση βρέθηκε στατιστικά ασήμαντη σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας.

**Πίνακας 5.4.2:** Εκτίμηση του υποδείγματος  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + e_i$ , για όλες τις χώρες \*

Μέθοδος εκτίμησης: **ML - ARCH**.  $N=133$

Μεταβλητή	Αγγλία ΣΚ: 7,200\$		Αυστρία ΣΚ: 4,950\$		Βέλγιο ΣΚ: 7,650\$		Γαλλία ΣΚ: ---		Γερμανία ΣΚ: 6,350\$		Δανία ΣΚ: 17,458\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z
<b>Σταθερός</b>	-71.591	0.000	-95.688	0.000	-125.71	0.000	-13.007	0.000	-72.871	0.000	-86.170	0.000
<b>LGDPc</b>	17.006	0.000	23.345	0.000	28.972	0.000	1.881	0.000	17.531	0.000	19.486	0.000
<b>LGDPc<sup>2</sup></b>	-0.958	0.000	-1.372	0.000	-1.620	0.000	-1.E-08	0.000	-1.001	0.000	-1.060	0.000
<b>R<sup>2</sup></b>	0.76		0.21		0.78		0.93		0.50		0.77	
<b>F<sub>stat</sub></b>	99.92		8.49		116.14		338.30		21.20		58.41	

Μεταβλητή	Ελβετία ΣΚ: 11,050\$		Ιταλία ΣΚ: 22,220\$		Νορβηγία ΣΚ: 6,550\$		Ολλανδία ΣΚ: 7,250\$		Σουηδία ΣΚ: 7,850\$		Φινλανδία ΣΚ: 8,050\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z
<b>Σταθερός</b>	-61.606	0.000	-38.426	0.000	-86.526	0.000	-129.18	0.000	-87.183	0.000	-121.82	0.000
<b>LGDPc</b>	13.739	0.000	8.254	0.000	20.423	0.000	29.773	0.000	20.244	0.000	27.910	0.000
<b>LGDPc<sup>2</sup></b>	-0.738	0.000	-0.412	0.000	-1.162	0.000	-1.675	0.000	-1.129	0.000	-1.552	0.000
<b>R<sup>2</sup></b>	0.41		0.81		0.91		0.80		0.79		0.96	
<b>F<sub>stat</sub></b>	22.41		105.35		307.00		128.96		95.61		468.81	

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*.

**Πίνακας 5.4.3:** Εκτίμηση του υποδείγματος  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + e_i$ , για όλες τις χώρες \*

Μέθοδος εκτίμησης: **ML - ARCH**.  $N=133$

Μεταβλητή	Αγγλία ΣΚ: 10,100\$		Αυστρία ΣΚ: 8,050\$		Βέλγιο ΣΚ: 8,050\$		Γαλλία ΣΚ: ---		Γερμανία ΣΚ: 9,300\$		Δανία ΣΚ: 25,350\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z
<i>Σταθερός</i>	-88.15	0.000	-118.66	0.000	-138.72	0.000	-9.144	0.000	-81.347	0.000	-148.10	0.000
<i>LGDPc</i>	20.156	0.000	27.636	0.000	31.785	0.000	1.363	0.000	18.926	0.000	31.356	0.000
<i>LGDPc2</i>	-1.093	0.000	-1.536	0.000	-1.767	0.000	-9.0E-09	0.000	-1.036	0.000	-1.546	0.000
<i>TREND</i>	-0.009	0.000	-0.027	0.000	-0.004	0.006	0.008	0.000	-0.013	0.000	-0.063	0.000
$R^2$	0.73		0.65		0.81		0.93		0.44		0.81	
$F_{stat}$	67.36		39.66		107.15		322.17		19.92		90.17	

Μέθοδος εκτίμησης: **ML - ARCH**.  
 $N=133$

Μεταβλητή	Ελβετία ΣΚ: 17,600\$		Ιταλία ΣΚ: 29,700		Νορβηγία ΣΚ: 8,250\$		Ολλανδία ΣΚ: 7,250\$		Σουηδία ΣΚ: 31,900\$		Φινλανδία ΣΚ: 11,600\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z
<i>Σταθερός</i>	-106.876	0.000	-39.392	0.000	-96.946	0.000	-129.14	0.000	-157.55	0.000	-115.41	0.000
<i>LGDPc</i>	22.998	0.000	8.412	0.000	22.482	0.000	29.760	0.000	33.587	0.000	25.793	0.000
<i>LGDPc2</i>	-1.176	0.000	-0.408	0.000	-1.246	0.000	-1.674	0.000	-1.619	0.000	-1.378	0.000
<i>TREND</i>	-0.032	0.000	-0.008	0.000	-0.014	0.000	-6.8E-05	0.988	-0.113	0.000	-0.014	0.000
$R^2$	0.64		0.82		0.92		0.80		0.93		0.94	
$F_{stat}$	38.02		111.57		241.03		102.32		217.97		338.60	

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*

Για τη Γαλλία, δεν μπορεί να εκτιμηθεί μαθηματικά το σημείο καμπής της καμπύλης *SPc-LGDPc* για τον ίδιο λόγο με παραπάνω (ο γραφικός υπολογισμός του σημείου καμπής της καμπύλης *SPc-LGDPc*, είναι περίπου ίδιος με πριν, στις 11,000\$). Τα εκτιμημένα σημεία καμπής για 7 χώρες και συγκεκριμένα για τις: Αγγλία, Αυστρία, Βέλγιο, Γερμανία, Δανία, Ελβετία και Ολλανδία. (εκτός της Γαλλίας), αποκλίνουν σημαντικά προς τα πάνω σε σύγκριση με αυτά που εκτιμήθηκαν με το υπόδειγμα 5.4.2. Ειδικότερα, στην περίπτωση της Δανίας και της Ελβετίας, τα σημεία καμπής αντιστοιχούν σε εισόδημα 140,700 *PPP*\$ 1990 και 49,200 *PPP*\$ 1990, ποσά που είναι σημαντικά μεγαλύτερα από το τρέχων πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ οποιασδήποτε χώρας. Για τις χώρες Νορβηγία, Σουηδία και Φινλανδία, τα εκτιμημένα σημεία καμπής βρίσκονται χαμηλότερα σε σχέση με το υπόδειγμα 5.4.2, αλλά υψηλότερα σε σχέση με το υπόδειγμα 5.4.1, χωρίς τάση και *REGyr* (μόνο για τη Φινλανδία το υπόδειγμα 5.4.3 δίνει το μικρότερο σημείο καμπής). Η σύγκριση με τα αποτελέσματα του υποδείγματος συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών χρονική τάση και *REGyr* για την ομάδα των χωρών δεν έχει παρά ποιοτική αξία, καθώς δεν βρέθηκαν σημαντικές, οι ίδιες μεταβλητές σε κανένα από τα 13 υποδείγματα (1 της ομάδας των χωρών και 12 για τις χώρες ξεχωριστά). Παρατηρούμε όμως ότι στην περίπτωση της ομάδας των χωρών, η προσθήκη της τάσης δρα αυξητικά στο σημείο καμπής ενώ για κάθε χώρα ξεχωριστά δρα είτε αυξητικά είτε μειωτικά.

Στην εικόνα 5.4.1, παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των εκτιμημένων κατά κεφαλή εκπομπών *SO<sub>2</sub>* συναρτήσει του πραγματικού κατά κεφαλή ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, για τις δώδεκα χώρες ξεχωριστά. Τα ποσά έχουν στρογγυλοποιηθεί στην πλησιέστερη πενήντάδα. Οι γραφικές παραστάσεις των χωρών περιλαμβάνουν και τα τρία υποδείγματα, όπως αυτά εκτιμήθηκαν για κάθε χώρα. Τέλος, στον πίνακα 5.4.5, παρουσιάζονται τα εκτιμημένα σημεία καμπής (Σ.Κ.) σε παράθεση με αυτά που εκτιμήθηκαν για την ομάδα των 12 χωρών της δυτικής Ευρώπης με την τεχνική *Panel data random effects*.

**Πίνακας 5.4.4:** Εκτίμηση του υποδείγματος  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + \beta_i REG_i + e_i$ , για όλες τις χώρες \*

Μέθοδος εκτίμησης: **ML - ARCH**.  $N=133$

Μεταβλητή	Αγγλία ΣΚ: 14,900\$		Αυστρία ΣΚ: 15,400\$		Βέλγιο ΣΚ: 12,300\$		Γαλλία ΣΚ: ---		Γερμανία ΣΚ: 13,900\$		Δανία ΣΚ:140,700\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z
<b>Σταθερός</b>	-30.447	0.000	-50.944	0.000	-67.950	0.000	-8.497	0.000	-27.811	0.000	-53.172	0.000
<b>LGDPc</b>	7.229	0.000	11.651	0.000	15.331	0.000	1.279	0.000	6.720	0.000	10.510	0.000
<b>LGDPc2</b>	-0.376	0.000	-0.604	0.000	-0.814	0.000	0.000	0.000	-0.352	0.000	-0.443	0.000
<b>TREND</b>	-0.001	0.014	-0.019	0.000	-0.002	0.084	0.008	0.000	-0.003	0.000	-0.025	0.000
<b>REG72</b>	-0.189	0.000			-0.071	0.035	0.412	0.000	-0.049	0.000	-0.386	0.000
<b>REG75</b>	-0.107	0.000	-0.113	0.000	-0.216	0.000					-0.108	0.017
<b>REG79</b>	0.080	0.000	0.132	0.000	-0.079	0.000	0.108	0.000				
<b>REG80</b>	-0.188	0.000	-0.123	0.000			-0.203	0.003				
<b>REG84</b>	-0.209	0.000	-0.374	0.000	-0.357	0.000	-0.327	0.000			-0.354	0.000
<b>REG85</b>			-0.257	0.000	-0.287	0.000	-0.242	0.000				
<b>REG87</b>	0.016	0.028			-0.071	0.001					-0.258	0.000
<b>REG88</b>	-0.016	0.000	-0.641	0.000			0.034	0.035				
<b>REG89</b>	-0.044	0.000					0.226	0.000	-0.439	0.000	-0.203	0.002
<b>REG92</b>	-0.058	0.000	-0.240	0.000					-0.417	0.000	-0.227	0.020
<b>REG93</b>	-0.079	0.000	-0.034	0.000	-0.110	0.000	-0.265	0.000				
<b>REG94</b>	-0.220	0.000	-0.108	0.000					-0.313	0.000		
<b>REG96</b>	-0.402	0.000	-0.091	0.016	-0.269	0.000			-0.898	0.000	-0.395	0.031
<b>REG99</b>	-0.321	0.000	-0.137	0.000	-0.201	0.000			-0.340	0.000	-1.2239	0.000
<b>REG01</b>	-0.135	0.000	0.067	0.000	-0.079	0.000					-0.404	0.058
<b>R<sup>2</sup></b>	0.96		0.82		0.91		0.97		0.89		0.96	
<b>F<sub>stat</sub></b>	145.83		29.33		72.02		352.24		79.26		189.67	

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*.



**Πίνακας 5.4.4:** Εκτίμηση του υποδείγματος  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + \beta_i REG_i + e_i$ , για όλες τις χώρες (συνέχεια)\*

Μέθοδος εκτίμησης: **ML - ARCH**.  $N=133$

Μεταβλητή	Ελβετία ΣΚ: 49,200\$		Ιταλία ΣΚ: ---		Νορβηγία ΣΚ: 7,100\$		Ολανδία ΣΚ: 13,550\$		Σουηδία ΣΚ: 18,600\$		Φινλανδία ΣΚ: 6,700\$	
	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.- z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z	Συντ/ στής	Prob.-z
<b>Σταθερός</b>	-58.541	0.000	-10.109	0.008	-68.789	0.000	-45.356	0.000	-67.850	0.000	-67.624	0.000
<b>LGDPc</b>	11.924	0.000	0.978	0.267	16.146	0.000	10.175	0.000	14.967	0.000	15.409	0.000
<b>LGDPc<sup>2</sup></b>	-0.552	0.000	0.068	0.170	-0.910	0.000	-0.535	0.000	-0.761	0.000	-0.875	0.000
<b>TREND</b>	-0.021	0.000	-0.014	0.000	0.003	0.341	0.003	0.000	-0.016	0.013	0.036	0.000
<b>REG72</b>	-0.443	0.000					-0.339	0.000	-0.254	0.000	0.215	0.000
<b>REG75</b>	-0.351	0.000	-0.086	0.078	0.081	0.072	-0.275	0.000	-0.047	0.053		
<b>REG79</b>			-0.259	0.000					-0.419	0.000	-0.064	0.086
<b>REG80</b>	-0.082	0.016					-0.076	0.089				
<b>REG84</b>	-0.160	0.000	-0.423	0.000	-0.167	0.000	-0.375	0.000	-0.280	0.000	-0.353	0.000
<b>REG85</b>	-0.223	0.000	-0.250	0.000	0.080	0.000	-0.175	0.000	-0.124	0.000	-0.049	0.075
<b>REG87</b>	-0.128	0.000	-0.021	0.068	-0.257	0.000						
<b>REG88</b>	-0.079	0.008	-0.106	0.000			-0.060	0.000				
<b>REG89</b>	-0.274	0.000	-0.190	0.000	-0.321	0.000	-0.267	0.000	-0.802	0.000	-0.531	0.000
<b>REG92</b>	-0.184	0.000	-0.147	0.000	-0.256	0.000	-0.154	0.000	-0.175	0.004	-0.636	0.000
<b>REG93</b>	-0.193	0.000	-0.030	0.000			-0.052	0.000			-0.209	0.000
<b>REG94</b>	0.042	0.000	-0.143	0.000	0.083	0.000	-0.106	0.000	-0.125	0.000	-0.142	0.000
<b>REG96</b>	-0.104	0.001	-0.223	0.000	0.094	0.000	-0.126	0.000				
<b>REG99</b>	-0.324	0.000	-0.382	0.000	-0.030	0.047	-0.261	0.000	-0.248	0.000	-0.096	0.001
<b>REG01</b>	0.078	0.004	-0.221	0.000	-0.091	0.016	-0.091	0.006			0.098	0.000
<b>R<sup>2</sup></b>	0.82		0.87		0.94		0.94		0.96		0.98	
<b>F<sub>stat</sub></b>	24.69		43.10		114.25		105.04		193.73		292.60	

\* Οι παλινδρομήσεις έγιναν με τη βοήθεια του *EViews 6*.

**Πίνακας 5.4.5:** Εκτιμημένα σημεία καμπής κάθε χώρας ξεχωριστά για διαφορετικές εξειδικεύσεις και μεθόδους εκτίμησης. Όλες οι τιμές είναι σε 1990 PPP\$

	<b>ML - ARCH Υποδείγματα*</b>			<b>Panel random effects</b>
	<b>5.4.1.</b>	<b>5.4.2.</b>	<b>5.4.3.</b>	<b>Υπόδειγμα 5.3.1**</b>
<b>Αγγλία</b>	7,200	10,100	14,900	9,650
<b>Αυστρία</b>	4,350	8,050	14,550	10,800
<b>Βέλγιο</b>	7,650	8,050	12,300	10,500
<b>Γαλλία</b>	---	---	---	10,800
<b>Γερμανία</b>	6,350	9,300	13,900	10,250
<b>Δανία</b>	9,800	25,350	140,700	11,550
<b>Ελβετία</b>	11,050	17,600	49,200	11,850
<b>Ιταλία</b>	22,200	29,700	---	10,200
<b>Νορβηγία</b>	6,500	8,250	7,100	12,600
<b>Ολλανδία</b>	7,250	7,250	13,550	10,100
<b>Σουηδία</b>	7,850	31,900	18,600	10,800
<b>Φινλανδία</b>	8,050	11,600	6,700	10,450

**Ομάδα  
Χωρών**

**Panel EGLS Cross-section random effects\*\*\***

Υπόδειγμα 4.5.4. Σ.Κ.: (1990 PPP\$)	7,650
Υπόδειγμα 5.2.1. Σ.Κ.: (1990 PPP\$)	10,250
Υπόδειγμα 5.3.1. Σ.Κ.: (1990 PPP\$)	13,150

\* 5.4.1:  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + e_i$

5.4.2:  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + e_i$

5.4.3:  $LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + \beta_i REG_i + e_i$

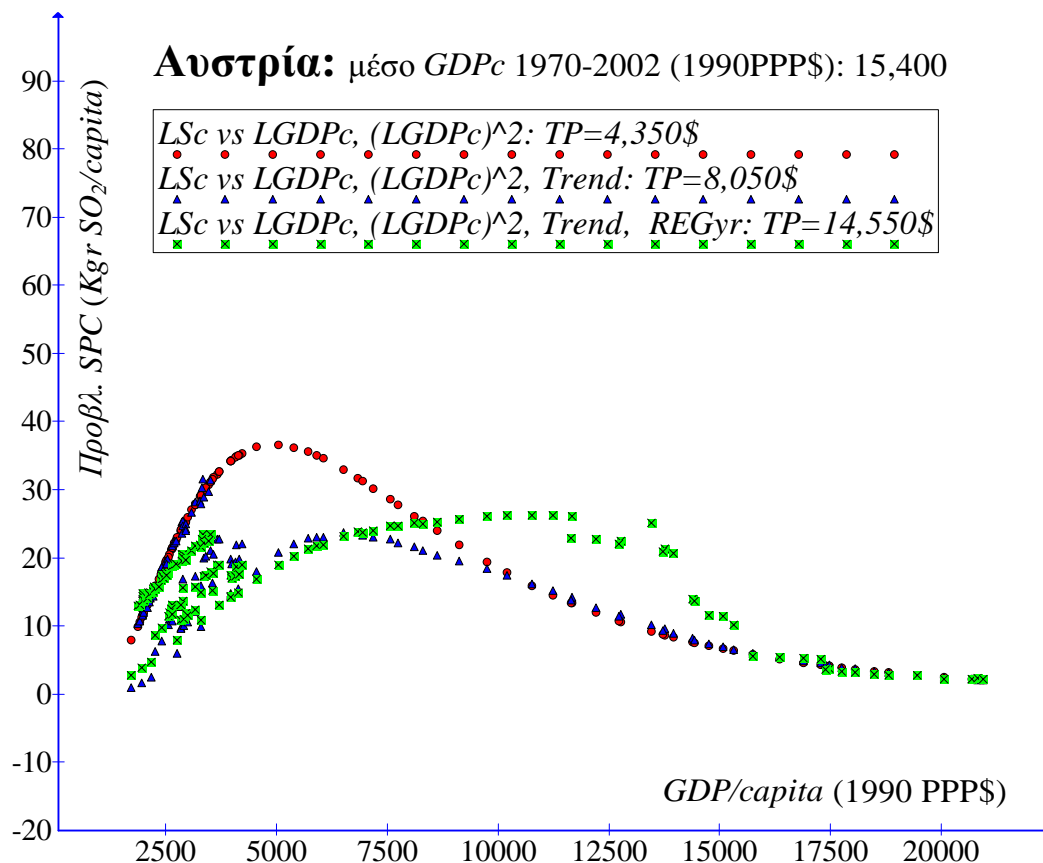
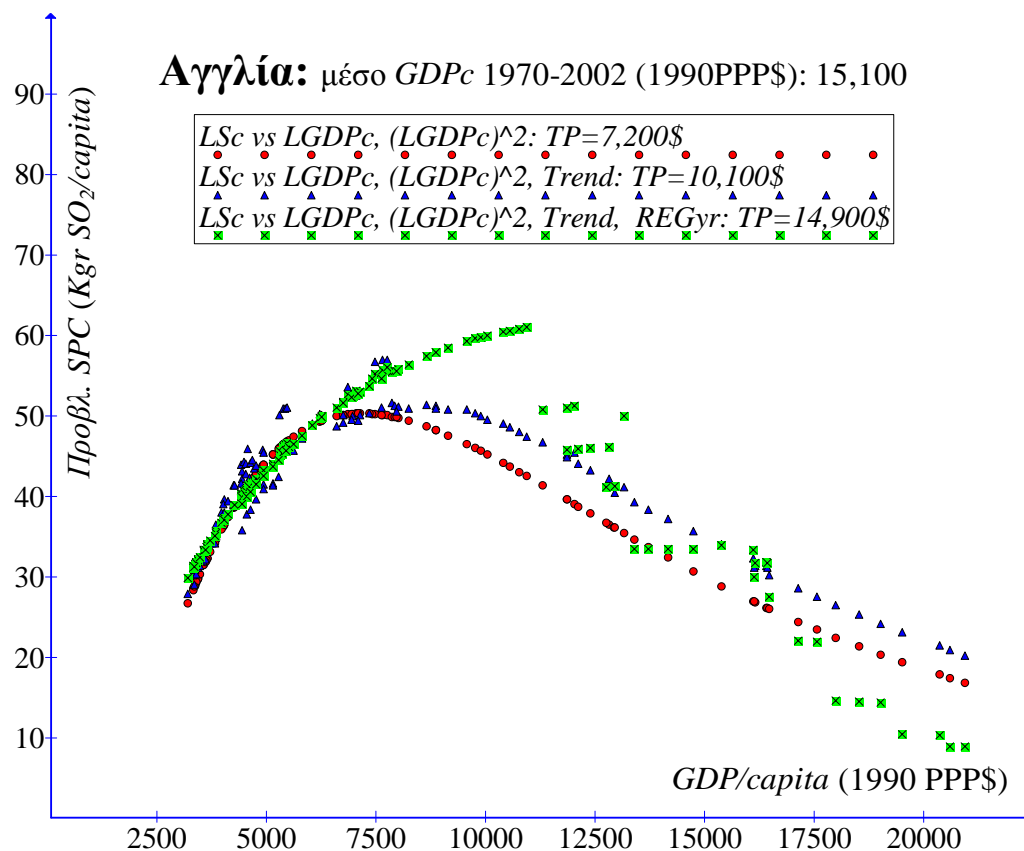
\*\* Οι εκτιμήσεις των Σ.Κ. έγιναν γραφικά

\*\*\* 4.3.9:  $LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + e_{it}$

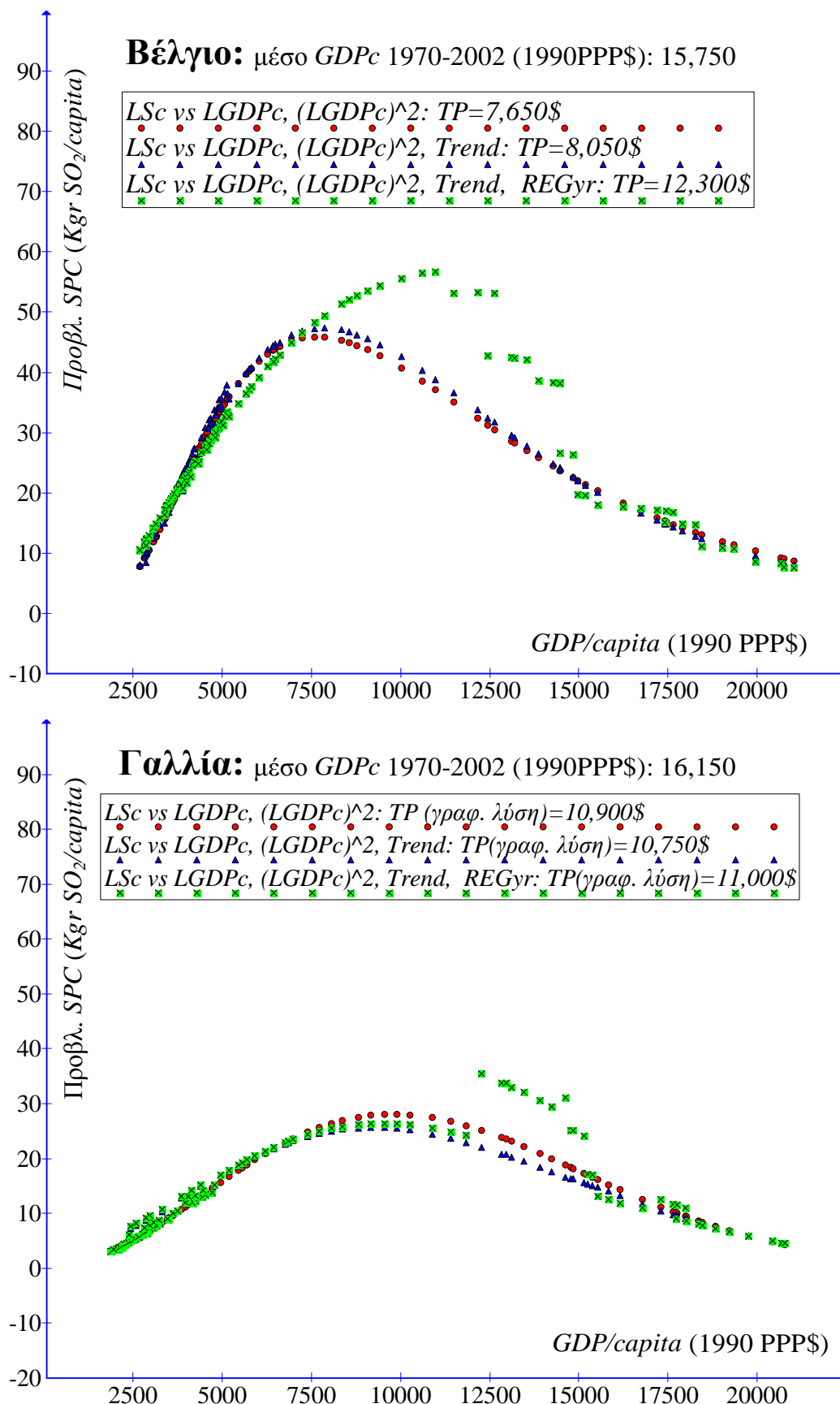
5.2.1:  $LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \beta_1 REG79 + \beta_2 REG89$   
 $+ \beta_3 REG92 + \beta_4 REG93 + \beta_5 REG94 + \beta_6 REG96 + \beta_7 REG99 + e_{it}$

5.3.1:  $LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \gamma TREND + \beta_1 REG79$   
 $+ \beta_2 REG88 + \beta_3 REG89 + \beta_4 REG92 + \beta_5 REG93 + \beta_6 REG94$   
 $+ \beta_7 REG96 + \beta_8 REG99 + e_{it}$

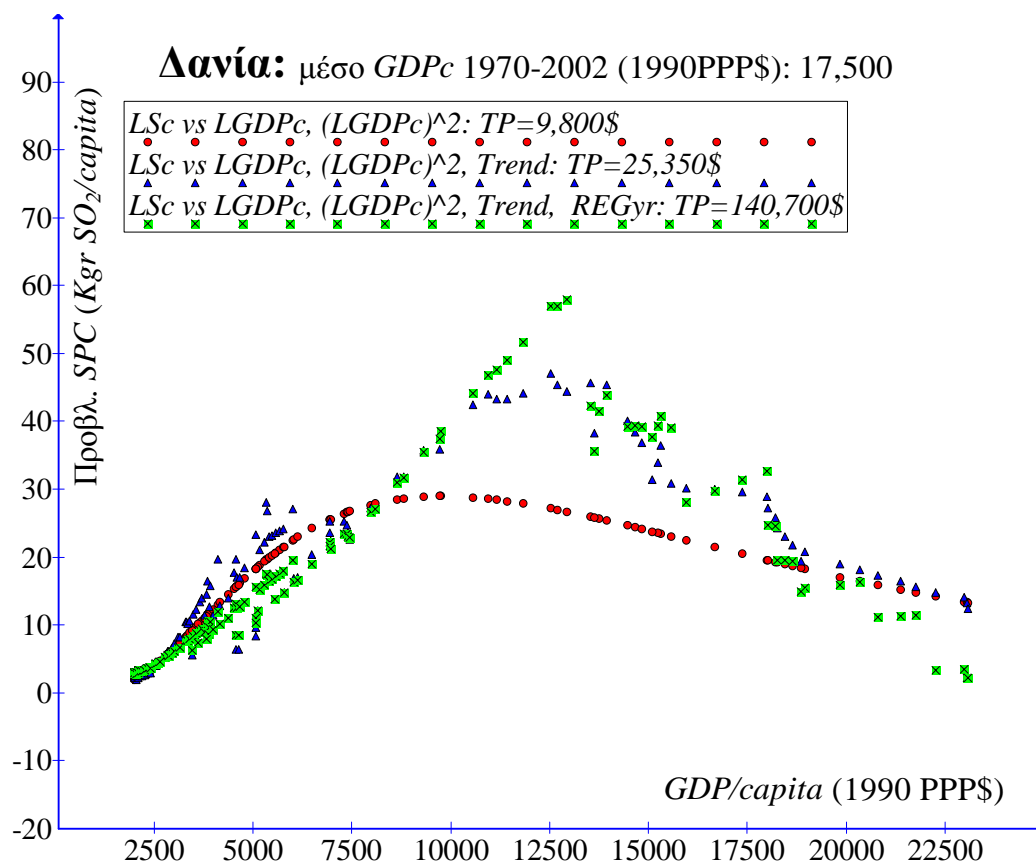
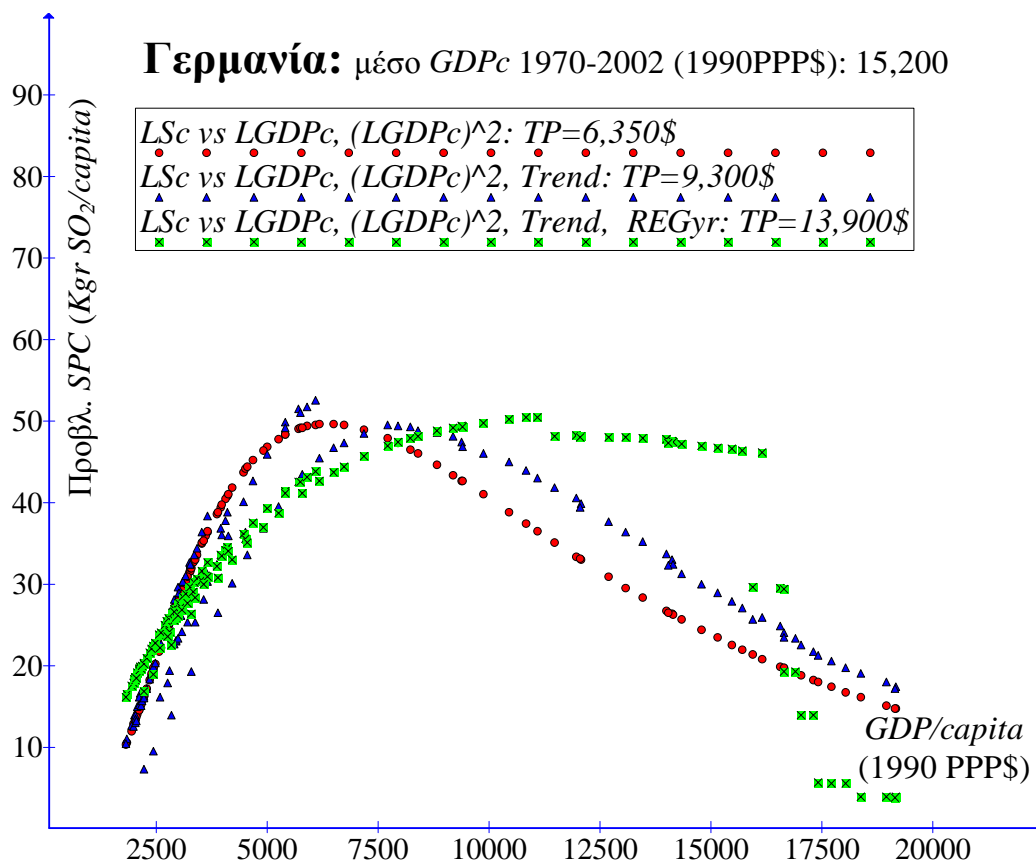
**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP) σε 1990 PPP\$\**



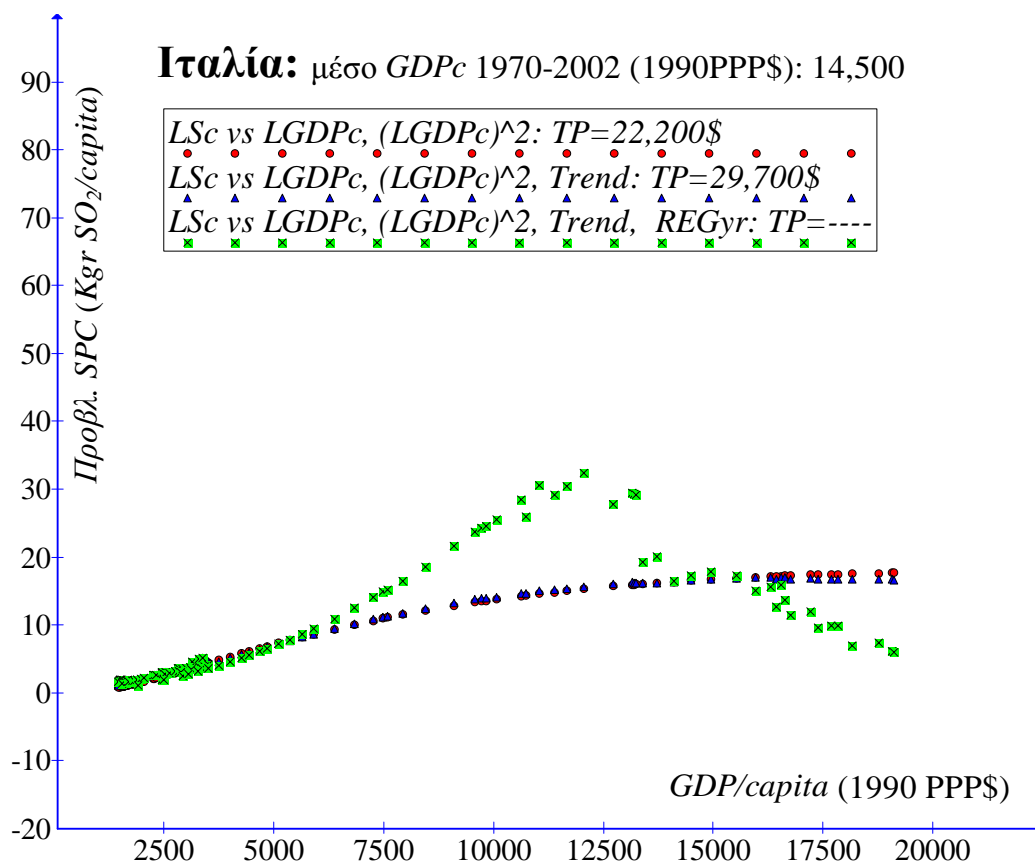
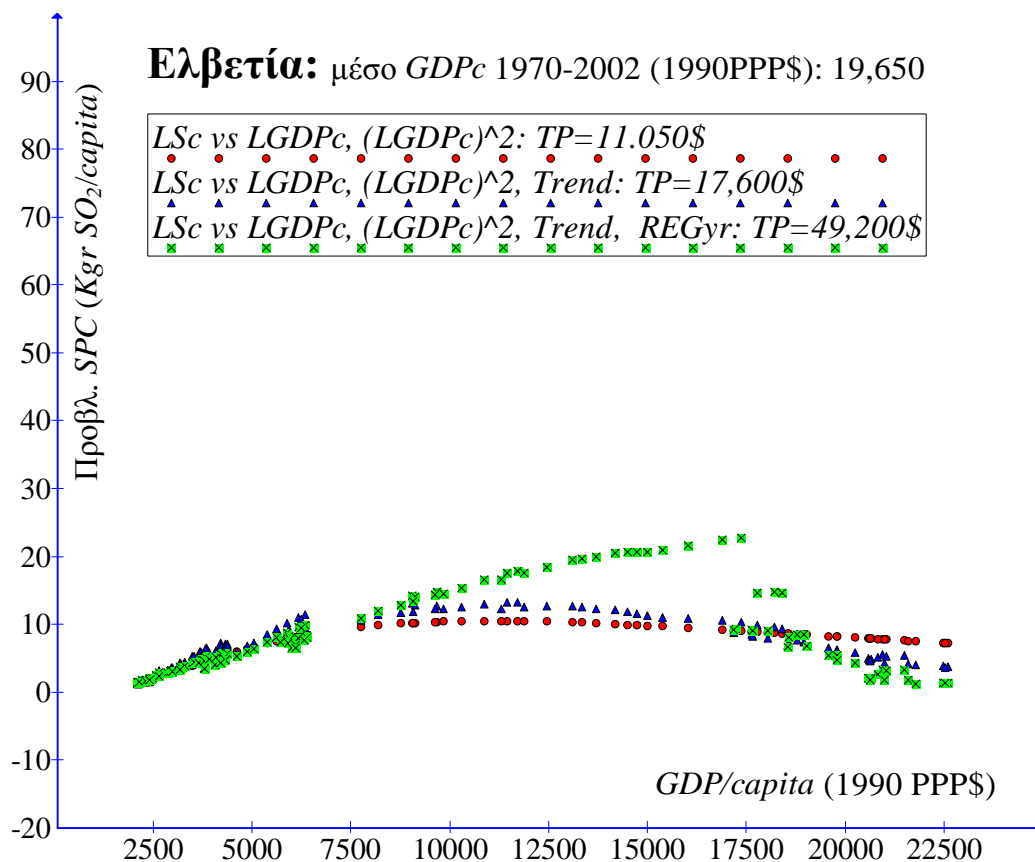
**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP) σε 1990 PPP\$ (συνέχεια)\**



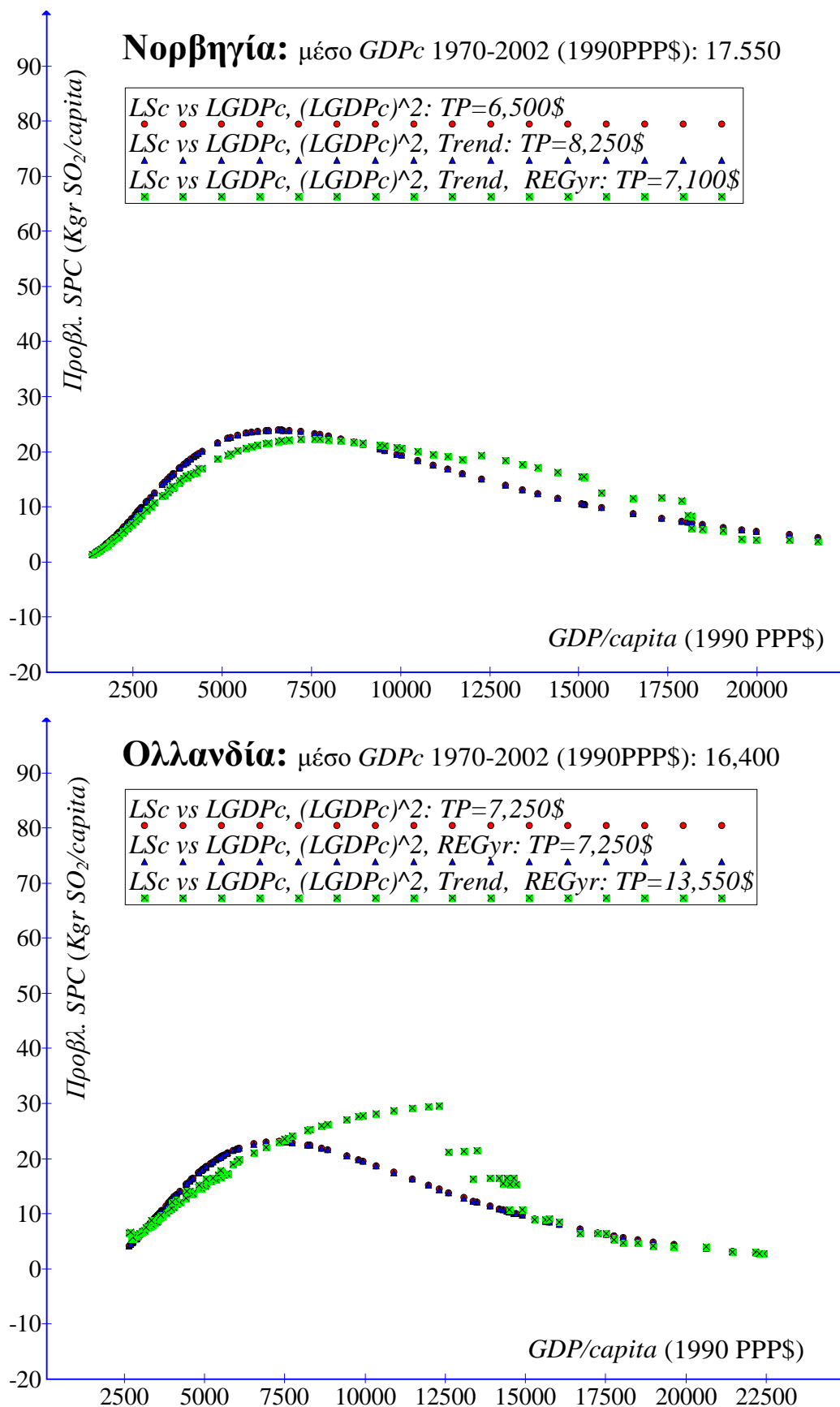
**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP)* σε 1990 PPP\$ (συνέχεια)\*



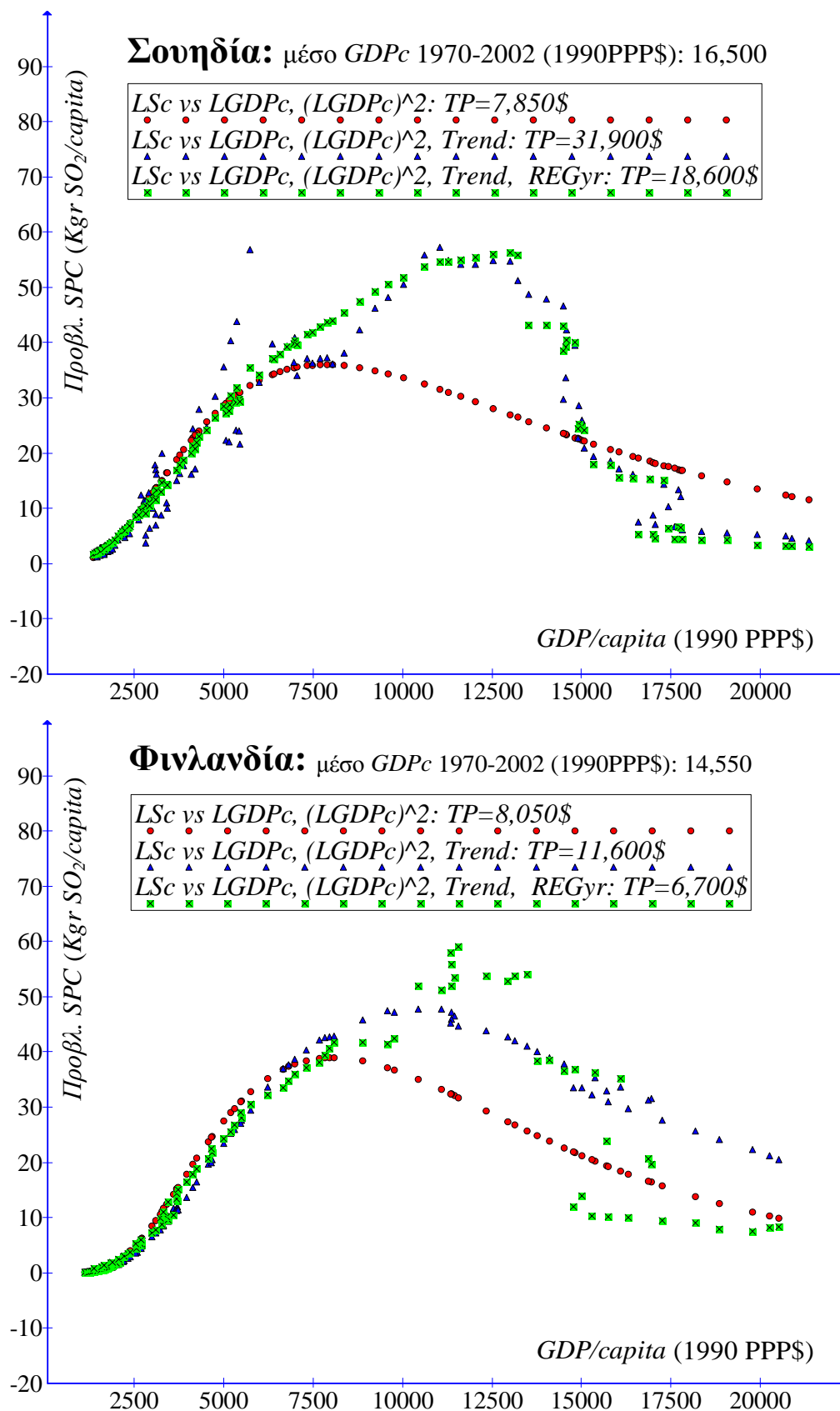
**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP) σε 1990 PPP\$ (συνέχεια)\**



**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP)* σε 1990 PPP\$ (συνέχεια)\*



**Εικόνα 5.4.1:** Εκτιμημένες κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ για όλες τις χώρες της μελέτης. *Turning Point (TP)* σε 1990 PPP\$ (συνέχεια)\*



\* Τα διαγράμματα κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού *Graph* (Graph 2007)



## 5.5. Συζήτηση – Σχόλια

### 5.5.1. Η ομάδα των Δ.Ε. χωρών (panel EGLS Cross-section random effects)

Όπως έδειξε ο οικονομετρικός έλεγχος του προηγούμενου κεφαλαίου, η ορθότερη επιλογή για την εκτίμηση του κλασσικού *EKC* υποδείγματος, είναι με τη τεχνική *panel random effects* και τη μέθοδο εκτίμησης *EGLS*. Η τεχνική αυτή υποθέτει ότι υπάρχει ένας κοινός σταθερός όρος και κλίση σε όλα τα στρώματα (εν προκειμένω τις χώρες), ενώ οι επιδράσεις των χωρών (παρ' ότι δεν έχουν απαραίτητα την ίδια κατανομή) ενσωματώνονται στον σύνθετο διαταρακτικό όρο. Οι επιδράσεις αυτές είναι τυχαίες και ανεξάρτητες των ερμηνευτικών μεταβλητών και άρα το υπόδειγμα μπορεί να εκτιμηθεί με συνέπεια.

#### Το κλασσικό υπόδειγμα *EKC*

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + e_{it} \quad (4.5.4)$$

Τα αποτελέσματα από την εκτίμηση του κλασσικού υποδείγματος (εξίσωση 4.5.4, πίνακας 5.1.1) και η εξέταση του διαγράμματος 5.1.1, δείχνουν την ύπαρξη της *EKC* σχέσης μεταξύ της περιβαλλοντικής υποβάθμισης όπως αυτή εκφράζεται από τις κατά κεφαλή εκπομπές  $SO_2$  και του κατά κεφαλή πραγματικού ΑΕΠ, για την ομάδα των χωρών της δυτικής Ευρώπης. Η παραπάνω σχέση είναι στατιστικά σημαντική στη βάση της προσαρμοστικότητας και της συνολικής στατιστικής σημαντικότητας του υποδείγματος, σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης 1%. Ένα μεγάλο ποσοστό (71% περίπου) της συμπεριφοράς των εκπομπών θείου, εξηγείται από το εισόδημα. Οι ερμηνευτικές μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01.

Οι συνολικές εκπομπές ρύπων έφτασαν σε ένα υψηλό σημείο που αντιστοιχεί σε πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 7,650 PPP\$ 1990. Το ποσό αυτό είναι λίγες εκατοντάδες δολάρια υψηλότερο από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1870-2002 του συνόλου των χωρών (1990 PPP\$, 7,000), το μισό σχεδόν από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1970-2002 (1990 PPP\$, 15,500) και σχεδόν το ένα τρίτο του μέσου εισοδήματος του 2002 (1990 PPP\$, 20,300). Στην περίπτωση των 12 Δ.Ε. χωρών, η οικονομική ανάπτυξη οδήγησε αρχικά στην αύξηση των κατά κεφαλή εκπομπών θείου, ενώ στη συνέχεια έγινε μοχλός για την ανατροπή αυτής της πορείας και την επαναφορά των κατά κεφαλή ρυπογόνων εκπομπών σε επίπεδα προ του 1870. Το εξαιρετικό στην περίπτωση της δυτικής Ευρώπης είναι ότι ακόμη και σε επίπεδο συνολικών μεγεθών, οι εκπομπές θείου είναι μικρότερες από την εκτίμηση για τις συνολικές εκπομπές του 1870.

### Το επαυξημένο υπόδειγμα ΕΚC

$$LS_{c_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{c_{it}} + \alpha_2 LGDP_{c_{it}}^2 + \beta_1 REG79 + \beta_2 REG89 + \beta_3 REG92 + \beta_4 REG93 + \beta_5 REG94 + \beta_6 REG96 + \beta_7 REG99 + e_{it} \quad (5.2.1)$$

Η τεχνική *panel random effects*, επιβάλλει ορισμένους περιορισμούς στην εκτιμητική διαδικασία, που έχουν να κάνουν με τον αριθμό των ερμηνευτικών μεταβλητών που μπορεί να συμπεριληφθούν σε ένα υπόδειγμα. Ο περιορισμός είναι ότι δεν μπορεί να εκτιμηθεί το υπόδειγμα αν ο αριθμός των παραμέτρων προς εκτίμηση είναι μεγαλύτερος των στρωμάτων. Ως εκ τούτου δεν ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα όλες οι προτεινόμενες μεταβλητές *REGyr* της παραγράφου 3.4. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος ελέγχθηκε η ατομική στατιστική σημαντικότητα κάθε μιας από αυτές και το αποτέλεσμα που είχε στο συνολικό υπόδειγμα, ξεκινώντας να τις προσθέτουμε στο υπόδειγμα με χρονολογική σειρά. Το κριτήριο για την αποδοχή ή όχι μιας *REGyr* μεταβλητής είναι η στατιστική σημαντικότητα της αντίστοιχης παραμέτρου σε διάστημα εμπιστοσύνης 1%. Με βάση αυτά τα κριτήρια, καταλληλότερο βρέθηκε το 13<sup>ο</sup> υπόδειγμα δηλαδή αυτό της εξίσωσης 5.2.1 (βλ. πίνακα 5.2).

Από το διάγραμμα 5.2.1 βλέπουμε την ύπαρξη σχέσης ανάστροφου U μεταξύ των εκπομπών θείου και του εισοδήματος. Η υπόθεση *EKC* εξακολουθεί να ισχύει ενώ η υφιστάμενη σχέση είναι σημαντική σε όρους ατομικής και συνολικής στατιστικής σημαντικότητας των εκτιμημένων παραμέτρων και του υποδείγματος αντίστοιχα, σε διάστημα εμπιστοσύνης 1%. Η προσαρμοστικότητα του υποδείγματος 5.2.1 στα δεδομένα είναι υψηλή. Το 76% της συμπεριφοράς των εκπομπών θείου ερμηνεύεται από τις μεταβολές στο εισόδημα. Η προσφορά των μεταβλητών *REGyr* στην προσαρμοστικότητα του υποδείγματος είναι 5% περίπου, ενώ το εισόδημα έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στις εκπομπές *SO<sub>2</sub>*.

Αντίθετα με τους *Markandya et al.* (2006), βρίσκουμε ότι οι εφαρμοζόμενες πολιτικές σε εθνικό και διεθνές επίπεδο (μεταβλητές *REGyr*) δεν παρουσιάζουν μια σταθερά ομαλή επίδραση στα επίπεδα εκπομπών ρύπων, παρά μιας φορές κατακόρυφη μετατόπιση της *EKC* καμπύλης προς τα κάτω. Παράλληλα διαπιστώνουμε ότι η προσθήκη των μεταβλητών προκαλεί και μια οριζόντια μετατόπιση της *EKC* καμπύλης προς τα δεξιά. Το σημείο καμπής σ' αυτή την περίπτωση είναι 10,250\$ (1990 PPP). Το αποτέλεσμα αυτό είναι αρκετά μικρότερο από το υπολογισμένο σημείο καμπής της *EKC* των *Markandya et al.* (2006), που είναι 11,900 GK\$. Σημειώνουμε όμως ότι το αποτέλεσμα αυτό εκτιμήθηκε στα συναθροιστικά δεδομένα των χωρών (μέσοι όροι του συνόλου των χωρών) με *OLS* παρά το γεγονός ότι η ύπαρξη ετερογένειας μεταξύ των χωρών που οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν,

δεν καθιστά δόκιμη την αντιμετώπιση των χωρών ως ένα ενιαίο σύνολο. Οι ίδιοι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη των ίδιων μεταβλητών *REGyr* προκαλεί μια οριζόντια μετατόπιση της καμπύλης προς τα αριστερά.

Η παρούσα εργασία βρίσκει ακριβώς το αντίθετο. Η λογική ερμηνεία του δικού μας ευρήματος στηρίζεται στο ότι, αφού η καμπύλη *EKC* που κατασκευάσαμε παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ των εκτιμημένων τιμών των κατά κεφαλή εκπομπών  $SO_2$  και του κατά κεφαλή εισοδήματος, στο κλασσικό υπόδειγμα 4.5.4 οι μεταβλητές *LGDPc* και  $LGDPc^2$  ενσωματώνουν όλες τις πιθανές επιδράσεις (τις δικές τους, των ψευδομεταβλητών και άλλων παραγόντων), στις παρατηρούμενες εκπομπές. Σαν αποτέλεσμα, το σημείο καμπής που υπολογίζεται περιλαμβάνει και τις υπόλοιπες (απούσες από το υπόδειγμα) επιδράσεις και (αφού οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί εισέρχονται με αρνητικό πρόσημο στο υπόδειγμα) το σημείο καμπής μετατοπίζεται αριστερά (7,650 PPP\$ 1990). Στην περίπτωση του επανηξιμένου υποδείγματος 5.2.1, οι μεταβλητές *LGDPc* και  $LGDPc^2$ , ενσωματώνουν τις υπόλοιπες (εκτός των αρνητικών επιδράσεων των *REGyr*), με συνέπεια το σημείο καμπής να μετατοπίζεται δεξιότερα (υψηλότερα επίπεδα εισοδήματος 10,250 PPP \$ 1990).

Οι Ευρωπαϊκές νομοθετικές ρυθμίσεις και κανονισμοί με τη μορφή οδηγιών της Ε.Ε., διεθνών συμφωνιών και εθνικών νόμων, που έχουν σημαντική επίδραση στις εκπομπές θείου, είναι οι: *REG79*, *REG89*, *REG92*, *REG93*, *REG94*, *REG96* και *REG99*. Η ποσοτική επίδραση στις εκπομπές μαζί με μια σύντομη περιγραφή τους, παρουσιάζονται παρακάτω. Η εκτίμηση του βαθμού στον οποίο επηρεάζουν τις εκπομπές  $SO_2$ , υπολογίζεται ως εξής:  $\text{Επίδραση} = e^{\hat{\beta}_i} - 1$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  και όπου  $\hat{\beta}_i$  είναι ο εκτιμημένος συντελεστής των μεταβλητών *REGyr* της 5.2.1.

- *REG79*: Αναφέρεται στο *International Convention on Long Range Transboundary Pollution (LRTP)*, σχετικά με τον έλεγχο των διασυνοριακών επιδράσεων της «όξινης βροχής» και τον περιορισμό των εκπομπών όξινων ρύπων. Επίδραση = -0,26%. Αυτό, για παράδειγμα, σημαίνει ότι όταν εφαρμόστηκε ο έλεγχος των εκπομπών όξινων ρύπων από το διεθνές συνέδριο, οι κατά κεφαλή εκπομπές μειώθηκαν κατά 0,26%.
- *REG89*: οδηγία 89/429/EE και 89/369/EE, σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση από αποτεφρωτήρες στερεών αποβλήτων, τη θέσπιση περιορισμών στους υφιστάμενους και τη θέσπιση ανωτάτων ορίων στις εκπομπές των νέων. Επίδραση = -0,37%.
- *REG92*: Οδηγία 91/441/EE, σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου από τα νέα επιβατηγά και ελαφρά οχήματα. Επίδραση = -0,12%.

- *REG93*: Οδηγία 93/12/ΕΕ, για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του θείου από την κατανάλωση συγκεκριμένου τύπου καυσίμων και οδηγία 93/59/ΕΕ σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών από νέα ιδιωτικής χρήσης οχήματα. Επίδραση = -0,11%.
- *REG94*: *Oslo Protocol*. Δεύτερο πρωτόκολλο για την μείωση των εκπομπών  $SO_2$  με συγκεκριμένους στόχους. Επίδραση = -0,01%.
- *REG96*: Οδηγία 96/61/ΕΕ, (*Integrated Pollution Prevention and Control Directive*) για την αποφυγή ή ελαχιστοποίηση των εκπομπών στον αέρα, το νερό και το χώμα καθώς και απόβλητων από βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Οδηγία 96/62/ΕΕ για την δημιουργία ενός καταστατικού πλαισίου ελέγχου των επιπέδων του  $SO_2$ ,  $NO_2$ , σωματιδίων,  $Pb$ ,  $O_3$ , βενζένιου,  $CO$  και άλλων υδρογονανθράκων. Επίδραση = -0,15%.
- *REG99*: *Gothenburg Protocol*. Θέσπιση ανώτατων ορίων για θείο, οξείδια του αζώτου, πτητικούς υδρογονάνθρακες και αμμωνία καθώς και συγκεκριμένους στόχους για μείωσή τους σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Οδηγία 1999/81/ΕΕ, σχετικά με την εξειδίκευση του πρωτοκόλλου του *Gothenburg*, τη βελτίωση της ποιότητας της αστικής ατμόσφαιρας και τη θέσπιση επιπλέον ορίων για συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων και μόλυβδου. Θέσπιση ορίων συναγερμού για συγκεντρώσεις των παραπάνω ρύπων στην αστική ατμόσφαιρα, με στόχο την προστασία και την πληρέστερη ενημέρωση του κοινού. Επίδραση = -0,26%.

Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις παραπάνω οδηγίες, βλέπε στο Παράρτημα 2

Οι συνολικές εκπομπές ρύπων έφτασαν σε ένα υψηλό σημείο που αντιστοιχεί σε πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 10,250 PPP\$ 1990. Το ποσό αυτό είναι μεν υψηλότερο από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1870-2002 του συνόλου των χωρών (1990 PPP\$, 7,000), αλλά είναι αρκετά μικρότερο από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1970-2002 (1990 PPP\$, 15,500) και σχεδόν το μισό του μέσου εισοδήματος του 2002 (1990 PPP\$, 20,300). Στην περίπτωση των 12 Δ.Ε. χωρών, η οικονομική ανάπτυξη οδήγησε αρχικά στην αύξηση των κατά κεφαλή εκπομπών θείου, ενώ στη συνέχεια με τη βοήθεια των επιβαλλόμενων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, έγινε μοχλός για την ανατροπή αυτής της πορείας και την επαναφορά των κατά κεφαλή ρυπογόνων εκπομπών σε επίπεδα προ του 1870.

### Το επαυξημένο υπόδειγμα ΕΚC με χρονική τάση

$$LSc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc_{it} + \alpha_2 LGDPc_{it}^2 + \gamma TREND + \beta_1 REG79 + \beta_2 REG88 + \beta_3 REG89 \\ + \beta_4 REG92 + \beta_5 REG93 + \beta_6 REG94 + \beta_7 REG96 + \beta_8 REG99 + e_{it} \quad (5.3.1)$$

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, έτσι και εδώ χρειάστηκε να γίνει μια επιλογή των ψευδομεταβλητών *REGyr* που θα χρησιμοποιηθούν στο υπόδειγμα, από τη στιγμή μάλιστα, που προστέθηκε η χρονική τάση σαν ερμηνευτική μεταβλητή. Σ' αυτό το υπόδειγμα χρησιμοποιούνται 12 ερμηνευτικές μεταβλητές συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου (όσος ο αριθμός των στρωμάτων-χωρών που είναι και ο μέγιστος δυνατός), σε αντίθεση με το υπόδειγμα 5.2.1 όπου χρησιμοποιήθηκαν 10 μεταβλητές. Ακολουθώντας την ίδια μέθοδο και κριτήρια επιλογής με το προηγούμενο υπόδειγμα, εκτός από την προσθήκη της χρονικής τάσης, προστέθηκε και η μεταβλητή *REG88*, καθώς βρέθηκε να είναι σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Με βάση τα παραπάνω, καταλληλότερο βρέθηκε το 13<sup>ο</sup> υπόδειγμα (βλ. πίνακα 5.3).

Από το διάγραμμα 5.3.1 βλέπουμε την ύπαρξη σχέσης ανάστροφου U μεταξύ των εκπομπών θείου και του εισοδήματος. Η υπόθεση *EKC* εξακολουθεί να ισχύει ενώ η υφιστάμενη σχέση είναι σημαντική σε όρους ατομικής και συνολικής στατιστικής σημαντικότητας των εκτιμημένων παραμέτρων και του υποδείγματος αντίστοιχα, σε διάστημα εμπιστοσύνης 1%. Η προσαρμοστικότητα του υποδείγματος 5.3.1 στα δεδομένα είναι υψηλή. Το 78% της συμπεριφοράς των εκπομπών θείου, ερμηνεύεται από τις μεταβολές στο εισόδημα. Η προσφορά της χρονικής τάσης και της *REG88* στην προσαρμοστικότητα του υποδείγματος είναι 2% περίπου, ενώ το εισόδημα έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στις εκπομπές *SO<sub>2</sub>*. Η εκτίμηση του βαθμού στον οποίο οι μεταβλητές επηρεάζουν τις εκπομπές *SO<sub>2</sub>*, υπολογίζεται όπως και προηγούμενα και παρουσιάζονται παρακάτω. Η μεταβλητή *REG88*, αναφέρεται στην οδηγία 88/609/ΕΕ, σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών *SO<sub>2</sub>* *NO* και αιωρούμενων σωματιδίων από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας και μεγάλες μονάδες καύσης ενεργειακών πόρων.

- *REG79*: Επίδραση = -0,26%
- *REG88*: Επίδραση = -0,27%
- *REG89*: Επίδραση = -0,16%
- *REG92*: Επίδραση = -0,18%
- *REG93*: Επίδραση = -0,10%
- *REG94*: Επίδραση = -0,08%
- *REG96*: Επίδραση = -0,14%
- *REG99*: Επίδραση = -0,26%

Από την εξέταση των αποτελεσμάτων για τα υποδείγματα 5.2.1 και 5.3.1, παρατηρούμε ότι οι επιδράσεις της περιβαλλοντικής πολιτικής στις εκπομπές *SO<sub>2</sub>*, δεν

επηρεάστηκαν από την προσθήκη της χρονικής τάσης. Μόνη διαφορά αποτελεί η επίδραση των REG88 και REG89 στο δεύτερο υπόδειγμα, η επίδραση όμως των οποίων αθροιστικά, συμπίπτει με την επίδραση της REG89 από μόνης της στο πρώτο υπόδειγμα. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις παραπάνω οδηγίες, βλέπε στο Παράρτημα 2

Οι συνολικές εκπομπές ρύπων έφτασαν σε ένα υψηλό σημείο που αντιστοιχεί σε πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ ίσο με 13,150 PPP\$ 1990. Το ποσό αυτό είναι μεν υψηλότερο από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1870-2002 του συνόλου των χωρών (1990 PPP\$, 7,000), αλλά είναι μικρότερο από το μέσο εισόδημα της περιόδου 1970-2002 (1990 PPP\$, 15,500) και αρκετά μικρότερο από το μέσο εισόδημα του 2002 (1990 PPP\$, 20,300). Στην περίπτωση των 12 Δ.Ε. χωρών, η οικονομική ανάπτυξη οδήγησε αρχικά στην αύξηση των κατά κεφαλή εκπομπών θείου, ενώ στη συνέχεια με τη βοήθεια των επιβαλλόμενων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος αλλά και άλλων παραγόντων (όπως π.χ η τεχνολογία την οποία αποτυπώνει σε ένα βαθμό η τάση), έγινε μοχλός για την ανατροπή αυτής της πορείας και την επαναφορά των κατά κεφαλή ρυπογόνων εκπομπών σε επίπεδα προ του 1870.

Το διάγραμμα 5.3.2, διαφέρει από το 5.3.1 στο ότι μας δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουμε γραφικά τα διαφορετικά σημεία καμπής για κάθε χώρα, εκμεταλλευόμενοι το γεγονός ότι η προσθήκη της χρονικής τάσης έκανε δυνατό το διαχωρισμό των εκτιμημένων σημείων των παραπάνω διαγραμμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η χρονική τάση αποτυπώνει την επίδραση στις εκπομπές  $SO_2$  διαφορετικών παραγόντων για κάθε χώρα (όπως είναι και το αναμενόμενο), ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι κοινές για όλες τις χώρες. Τα γραφικά εκτιμημένα σημεία καμπής των χωρών κυμαίνονται στο σύνολό τους κάτω από το υπολογισμένο μαθηματικά σημείο καμπής της ομάδας των χωρών. Καθώς στηριζόμαστε μόνο σε μια γραφική εκτίμηση για τη σύγκριση που επιχειρούμε με το μαθηματικά υπολογισμένο Σ.Κ., μόνο ποιοτικό χαρακτήρα έχει αυτή. Τα Σ.Κ. των χωρών φαίνονται στο υπόμνημα του διαγράμματος 5.3.2 και κυμαίνονται από 9,600 PPP\$ 1990 για την Αγγλία, έως 12,600 PPP\$ 1990 για την Νορβηγία.

### 5.5.2. Μεμονωμένες χώρες (Maximum Likelihood – ARCH)

Σύμφωνα με τους διαγνωστικούς ελέγχους της παραγράφου 5.4, ως καταλληλότερη μέθοδος για την εκτίμηση των ΕΚC υποδειγμάτων, βρέθηκε η *ML (Maximum Likelihood)*. Τα εκτιμημένα κατάλοιπα από την *OLS* μέθοδο, όπως ήταν αναμενόμενο σε περιπτώσεις χρονολογικών σειρών, παρουσίαζαν αποτέλεσμα *ARCH*. (βλ. πίνακα 5.4.1). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος επιλέχθηκε η μέθοδος εκτίμησης *ML-ARCH* με τη χρήση του ανθεκτικού εκτιμητή *Bollerslev-Wooldridge*.

Για κάθε χώρα ξεχωριστά, εκτιμήθηκαν τρία υποδείγματα με ερμηνευτικές μεταβλητές τις  $LGDPc$ ,  $LGDPc^2$ , τη χρονική τάση, και τις  $REGyr$  επιπλέον των προηγούμενων να προστίθενται στο τελευταίο υπόδειγμα, αντίστοιχα. Τα υποδείγματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

$$LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + e_i \quad (5.4.1)$$

$$LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + e_i \quad (5.4.2)$$

$$LSc = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPc + \alpha_2 LGDPc^2 + \gamma TREND + \beta_i REG_i + e_i \quad (5.4.3)$$

Όσο αφορά την εκτίμηση του υποδείγματος 5.4.1, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.4.2. Η υπόθεση EKC επιβεβαιώνεται για όλες τις χώρες της μελέτης, καθώς οι εκτιμημένοι συντελεστές των ερμηνευτικών μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικοί, σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης 1%. Τα 12 υποδείγματα που εξετάστηκαν (ένα για κάθε χώρα), έχουν πιθανότητα ελέγχου συνολικής στατιστικής σημαντικότητας  $Prob.(F_{stat}) = 0,0000$ . Η προσαρμοστικότητα των υποδειγμάτων στα δεδομένα είναι υψηλή (κυμαίνεται από 50% για τη Γερμανία, έως 96% για τη Φινλανδία). Εξαίρεση αποτελούν: η Αυστρία με  $R^2=0,21$  και η Ελβετία με  $R^2=0,41$ . Αυτό σημαίνει ότι για τις παραπάνω χώρες το εκτιμημένο υπόδειγμα δεν μπορεί να μας πει πολλά καθώς μόνο το 21% και 41% αντίστοιχα, της συμπεριφοράς των εκπομπών  $SO_2$ , μπορεί να εξηγηθεί από τις ερμηνευτικές μεταβλητές.

Οι γραφικές παραστάσεις των εκτιμημένων τιμών των εκπομπών  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ (διάγραμμα 5.4.1), έχουν τη μορφή αναστροφής U για όλες τις χώρες με σημεία καμπής που υπολογίζονται με τον τύπο 5.1.2. Εξαίρεση αποτελεί η Γαλλία για την οποία ο τύπος δεν δίνει αποτέλεσμα (πολύ μικρή απόλυτη τιμή του συντελεστή της μεταβλητής  $LGDPc^2$ ), γεγονός που παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι το Σ.Κ. αντιστοιχεί σε μια πολύ μεγάλη τετμημένη, δηλ. εισόδημα. Είναι πιθανό τα δεδομένα να δείχνουν ότι με τη δευτεροβάθμια εξειδίκευση του υποδείγματος 5.4.1, το σημείο καμπής να βρίσκεται αρκετά δεξιότερα ή ότι μια άλλη εξειδίκευση θα ήταν καταλληλότερη για τα δεδομένα της Γαλλίας. Η διερεύνηση αυτού του ενδεχόμενου όμως, ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Το σημείο καμπής που εκτιμάται γραφικά με βάση τη δευτεροβάθμια εξειδίκευση είναι 11,100 (PPP\$ 1990) περίπου και για τις τρεις περιπτώσεις. Στα πλαίσια του μέσου κατά κεφαλή ΑΕΠ 1970-2002 και του παρόντος κατά κεφαλή ΑΕΠ της Γαλλίας, η υπόθεση EKC είναι ισχυρή.

Τα σημεία καμπής υπολογίζονται με τον τύπο 5.1.2 και παρατίθενται στον πίνακα 5.4.5 καθώς και στο διάγραμμα 5.4.1. Τα εκτιμημένα σημεία καμπής είναι μικρότερα από το

μέσο εισόδημα των χωρών για την περίοδο 1970-2002 καθώς και από τα μέσα εισοδήματα του 2002. Εξαίρεση αποτελεί η Ιταλία για την οποία το εκτιμημένο σημείο καμπής είναι 22,200 PPP\$ 1990, πολύ μεγαλύτερο από το μέσο εισόδημά της 1970-2002 και το εισόδημα του 2002 που ήταν 19,100 PPP\$ 1990. Στην περίπτωση αυτή δεν επιβεβαιώνεται η *EKC* υπόθεση και οι εκπομπές  $SO_2$  αυξάνονται μονοτονικά με το εισόδημα. Η περίπτωση αυτή διαφέρει από την περίπτωση της Γαλλίας, στο ότι οι δύο χώρες παρουσιάζουν εντελώς διαφορετικά διαγράμματα. Για την Ιταλία επιβεβαιώνεται και γραφικά η μη ύπαρξη *EKC* σχέσης.

Όταν στο υπόδειγμα προστίθεται ως ερμηνευτική μεταβλητή η χρονική τάση, τα εκτιμημένα σημεία καμπής εμφανίζονται να αντιστοιχούν σε αρκετά υψηλότερα εισοδήματα από προηγουμένως. Σε αυτή την περίπτωση η Δανία, η Ιταλία και η Σουηδία εμφανίζουν σημεία καμπής σε εισόδημα 25,350\$, 29,700\$ και 31,900\$ (σε PPP\$ 1990), που είναι πολύ μεγαλύτερα από τα μέσα εισοδήματά τους 1970-2002, καθώς και από τα εισοδήματα του 2002. Όσο αφορά την περίπτωση της Γαλλίας, ισχύει ότι σχολιάσαμε και παραπάνω.

Όταν στο υπόδειγμα προστίθενται οι *REGyr* μεταβλητές (υπόδειγμα 5.4.3), το αποτέλεσμα για όλες τις χώρες εκτός της Ιταλίας, δεν διαφέρει ως προς την επιβεβαίωση της *EKC* υπόθεσης. Η συνολική στατιστική σημαντικότητα είναι υψηλή για όλα τα υποδείγματα με πιθανότητα της στατιστικής ελέγχου  $Prob.(F_{stat}) = 0,0000$ . Η προσαρμοστικότητα του υποδείγματος στα δεδομένα για όλες τις χώρες κρίνεται υψηλή και κυμαίνεται από 82% για την Αυστρία και την Ελβετία, έως 98% για τη Φινλανδία. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερο από το 80% της συμπεριφοράς των εκπομπών  $SO_2$ , μπορεί να εξηγηθεί από τις ερμηνευτικές μεταβλητές. Για όλες τις χώρες, οι ερμηνευτικές μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 εκτός ελάχιστων περιπτώσεων που είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,1.

Όσο αφορά τη Γαλλία, για τους ίδιους λόγους που αναφέραμε σχολιάζοντας τα υποδείγματα 5.4.1 και 5.4.2, η εκτίμηση του σημείου καμπής είναι δυνατή μόνο γραφικά και ισούται με 11,000 PPP\$ 1990. Η υπόθεση *EKC* απορρίπτεται στην περίπτωση της Ιταλίας που παρουσιάζει μια μονοτονική σχέση μεταξύ των εκπομπών και του εισοδήματος, καθώς οι συντελεστές των μεταβλητών  $LGDP_c$  και  $LGDP_c^2$  βρέθηκαν να μη διαφέρουν από το μηδέν, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01.

Οι γραφικές παραστάσεις των εκτιμημένων τιμών των εκπομπών  $SO_2$  συναρτήσει του κατά κεφαλή ΑΕΠ (διάγραμμα 5.4.1), έχουν τη μορφή ανάστροφου U για όλες τις χώρες με σημεία καμπής που υπολογίζονται με τον τύπο 5.1.2 και παρατίθενται στον πίνακα 5.4.5 καθώς και στο διάγραμμα 5.4.1. Στην περίπτωση όμως της Δανίας με Σ.Κ. 140,700 PPP\$



1990 και της Ελβετίας με Σ.Κ. 49,200 PPP\$ 1990, δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η υπόθεση *EKC* πραγματικά ισχύει. Οι υπόλοιπες χώρες εμφανίζουν σημεία καμπής μικρότερα από, ή περίπου ίσα με τα αντίστοιχα μέσα εισοδήματά τους για την περίοδο 1970-2002.

Ανακεφαλαιώνοντας, συγκρίνουμε τα εκτιμημένα σημεία καμπής της παρούσης μελέτης, με την εργασία των *Markandya et al.* (2006), λόγω της κοινής βάσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε αφενός, και των διαφορετικών τεχνικών ανάλυσης αφετέρου. Οι *Markandya et al.* (2006), χρησιμοποίησαν την τεχνική εκτίμησης *panel data fixed effects* για την εκτίμηση δύο υποδειγμάτων με ερμηνευτικές μεταβλητές τις *LGDP<sub>c</sub>*, *LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup>*, *TREND* και *REG<sub>i</sub>* στη μία περίπτωση, και τις μεταβλητές *LGDP<sub>c</sub>*, *LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup>*, και *TREND* στη δεύτερη περίπτωση. Οι ιδιαίτερες επιδράσεις των χωρών εκτιμήθηκαν από τα δύο παραπάνω υποδείγματα, αντίστοιχα. Η εκτίμηση του σημείου καμπής για την ομάδα των 12 χωρών προήλθε μη λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια μεταξύ των χωρών, αλλά αντιμετωπίζοντας τις ως ενιαίο σύνολο (μέσες τιμές των μεταβλητών) και χρησιμοποιώντας τη μέθοδο εκτίμησης *OLS*.

Αντίθετα στην παρούσα εργασία, η οικονομετρική ανάλυση έδειξε σημαντική ετερογένεια μεταξύ των χωρών, καθώς και ασυσχέτιστες μη παρατηρούμενες επιδράσεις με τις ερμηνευτικές μεταβλητές. Κατά συνέπεια τα αντίστοιχα υποδείγματα με ερμηνευτικές μεταβλητές τις *LGDP<sub>c</sub>*, *LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup>*, *TREND* και *REG<sub>i</sub>* αφενός, και τις *LGDP<sub>c</sub>*, *LGDP<sub>c</sub><sup>2</sup>* αφετέρου, εκτιμήθηκαν με την τεχνική *panel data random effects* και τη μέθοδο *Panel random EGLS*. Όσο αφορά τις ανεξάρτητες χώρες, η μέθοδος εκτίμησης στην παρούσα εργασία ήταν η *ML*.

Όσο αφορά την ομάδα των 12 χωρών σε σχέση με το πλήρες υπόδειγμα (χρονική τάση και *REG<sub>yr</sub>*), η παρούσα εργασία εκτιμά ένα σημείο καμπής ίσο με 13,150 PPP\$ 1990 χωρίς όμως να περιλαμβάνονται όλες οι μεταβλητές *REG<sub>yr</sub>* καθώς δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές. Το αποτέλεσμα αυτό είναι μεγαλύτερο από αυτό των *Markandya et al.* (2006) (11,900 PPP\$ 1990). Εκτιμούμε ότι η συμπερίληψη μη στατιστικά σημαντικών μεταβλητών σε ένα υπόδειγμα αλλοιώνει τα αποτελέσματα της εκτίμησης και θα πρέπει να αποφεύγεται.

Όσο αφορά τις ανεξάρτητες χώρες, οι *Markandya et al.* (2006), βρίσκουν σημαντική την *EKC* υπόθεση μόνο για 8 από αυτές. Αντίθετα, η παρούσα εργασία βρίσκει την *EKC* υπόθεση σημαντική για 10 από τις 12 χώρες. Στον πίνακα 5.5.1, παρουσιάζονται τα εκτιμημένα σημεία καμπής στις δύο εργασίες.

**Πίνακας 5.5.1:** Εκτιμημένα σημεία καμπής για τις 12 χώρες της μελέτης\*

Χώρες	Παρούσα εργασία (PPP\$ 1990)	<i>Markandya et al., 2006</i> (PPP\$ 1990)
Αγγλία	10,100	10,000
Αυστρία	8,050	----
Βέλγιο	8,050	11,200
Γαλλία	10,750 (γραφική. Εκτίμηση)	57,600
Γερμανία	9,300	----
Δανία	25,350	12,300
Ελβετία	17,600	----
Ιταλία	29,700	----
Νορβηγία	8,250	13,300
Ολλανδία	7,250	8,500
Σουηδία	31,900	21,600
Φινλανδία	11,600	11,200

Πηγή: *Markandya et al.* (2006), σελ 246-247

\* Το υπόδειγμα στο οποίο αναφέρονται τα εκτιμημένα σημεία καμπής είναι το 5.4.2

Από την εξέταση του πίνακα 5.5.1, βλέπουμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις εκτιμήσεις των δύο εργασιών, γεγονός που αναδεικνύει τη μεγάλη ευαισθησία των αποτελεσμάτων στη μέθοδο εκτίμησης, και τη σημασία των οικονομετρικών ελέγχων.

## Κεφάλαιο 6

### Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η επίδραση του εισοδήματος στις εκπομπές αέριων ρύπων και συγκεκριμένα του διοξειδίου του θείου, είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τους υπόλοιπους παράγοντες που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία.

Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα μιας σειράς εμπειρικών μελετών όπως των *Selden and Song* (1994), *Cole* (1997, 2004, 2005), *Stern and Common* (2001), *Halkos* (2003a, b), *Markandya et al.* (2006) και άλλων. Παρά τη μεγάλη επίδραση του εισοδήματος, η παρούσα εργασία βρίσκει ότι η παρατηρούμενη μείωση των εκπομπών ρύπων οφείλεται και στην αποτελεσματικότητα των επιβαλλόμενων μέτρων καταπολέμησης της αέριας ρύπανσης που επιβλήθηκαν στις ευρωπαϊκές χώρες. Η μετατόπιση της *EKC* καμπύλης προς τα δεξιά, δείχνει ακριβώς αυτό: χωρίς την ύπαρξη των νομοθετικών ρυθμίσεων και κανονισμών, το απαραίτητο επίπεδο κατά κεφαλή εισοδήματος για την μεταστροφή της αυξητικής πορείας των εκπομπών  $SO_2$ , θα ήταν 10,250 PPP\$ 1990. Η εισαγωγή της χρονικής τάσης έχει παρόμοιο αποτέλεσμα στις εκπομπές ρύπων. Η μεταβλητή αυτή ενσωματώνει την επίδραση των μη παρατηρήσιμων παράγοντων ή μη συμπεριληφθέντων μεταβλητών στο υπόδειγμα, όπως η τεχνολογική πρόοδος, η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, ή οι προτιμήσεις, που είναι ανεξάρτητες από το εισόδημα (*Shafik and Bandyopadhyay* 1992, *Grossmann and Krueger* 1993, 1995, *Shafik* 1994, *Panayotou* 1997, *Ansuategi* 2003, *Markandya et al.* 2006). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η χρέωση της μεταβολής των εκπομπών Θείου από τους παραπάνω παράγοντες, εξ' ολοκλήρου στο εισόδημα. Εν τέλει, η συνολική επίδραση του εισοδήματος, της τεχνολογίας, της περιβαλλοντικής συνείδησης, των προτιμήσεων και των νομοθετικών ρυθμίσεων και κανονισμών, αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο κατά κεφαλή εισοδήματος ίσο με 7,650 PPP\$ 1990. Το αποτέλεσμα αυτό δεν διαφέρει σημαντικά από τα ευρήματα άλλων ερευνητών (βλ. κεφ. 2, σελ. 16).

Από την ανάλυση των ανεξάρτητων χωρών, φαίνεται ότι οι νομοθετικές ρυθμίσεις και κανονισμοί, δεν επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο ή και ισόποσα τις εκπομπές ρύπων στις διάφορες χώρες. Πολλές μεταβλητές *REG* που βρέθηκαν σημαντικές για κάποιες χώρες, ήταν είτε μη σημαντικές για άλλες είτε είχαν διαφορετική βαρύτητα. Τα παραπάνω εξηγούνται ικανοποιητικά, καθώς ο ρυθμός και η έκταση των υιοθετούμενων περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και κανονισμών, εξαρτάται αφενός από το εισόδημα και αφετέρου από τη διάρθρωση της κάθε οικονομίας ξεχωριστά (*De Bruyn* 1997, *Vincent* 1997, *Copeland and*

Taylor 2003, Dasgupta et al. 2006). Το ίδιο συμβαίνει και με τη χρονική τάση. Παρά το γεγονός ότι βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική σε όλες τις χώρες (εκτός της Ολλανδίας), ο βαθμός αφομοίωσης νέων τεχνολογιών, η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, ή οι προτιμήσεις που την προσδιορίζουν, είναι διαφορετικοί σε κάθε χώρα, ακόμη και ανάμεσα στις αναπτυγμένες χώρες.

Τα αποτελέσματα για κάθε μία χώρα ξεχωριστά, είναι συνεπή σε σχέση με την εκτίμηση της ομάδας των χωρών, αναφορικά και με τα τρία υποδείγματα. Η σύγκριση είναι ποιοτική για τους λόγους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5, και διενεργείται σε όμοια υποδείγματα από την άποψη των ερμηνευτικών μεταβλητών. Σ' αυτό άλλωστε οφείλεται και η συνέπεια στα αποτελέσματα (Vincent, 1997). Σε κάθε περίπτωση δεν εμφανίζονται περισσότερες από τέσσερις ακραίες τιμές του σημείου καμπής.

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας δεν δείχνουν ότι είναι δυνατό να εξαχθεί μια μακροχρόνια σχέση μεταξύ της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και του εισοδήματος, με εφαρμογή σε κάθε χώρα. Οι *Stern and Common* (2001) καθώς και ο *Cole* (2005), βρίσκουν ότι η υπό εξέταση ομάδα χωρών παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβεβαίωση ή όχι της *EKC* υπόθεσης. Ο *Halkos* (2003) σε αντίθεση με τους προηγούμενους ερευνητές, χρησιμοποιώντας διαφορετική μέθοδο εκτίμησης βρίσκει ότι η *EKC* υπόθεση επιβεβαιώνεται ανεξαρτήτως ομάδας χωρών. Η παρούσα εργασία επιβεβαιώνει την ευαισθησία των αποτελεσμάτων και κατ' επέκταση των εξαγόμενων συμπερασμάτων, στις χρησιμοποιούμενες οικονομετρικές τεχνικές και μεθόδους εκτίμησης. Ακόμη και σε ομάδες όμοιων, από την άποψη της οικονομικής ανάπτυξης χωρών, η παρατηρούμενη ετερογένεια είναι μεγάλη ώστε η ανάλυση να καταλήξει σε ένα κοινό αποτέλεσμα που θα λειτουργήσει σε κάθε χώρα ξεχωριστά. Για παράδειγμα η εισαγωγή των επιπλέον μεταβλητών στο κλασικό *EKC* υπόδειγμα (*REGyr*, χρονική τάση), είχε διαφορετική επίδραση για κάθε χώρα ξεχωριστά, υπονοώντας ότι ακόμη και εντός της ομάδας των 12 δυτικοευρωπαϊκών αναπτυγμένων χωρών μελών του *OECD*, η αφομοίωση των νέων τεχνολογιών, η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης και οι προτιμήσεις αφομοιώνονται και αλλάζουν με διαφορετικούς ρυθμούς και σε διαφορετικό επίπεδο.

Θα ήταν ενδιαφέρον κανείς να εξετάσει τους προσδιοριστικούς παράγοντες που οδηγούν στην καλύτερη αφομοίωση των νέων τεχνολογιών, στην ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης, ή στη διαμόρφωση των προτιμήσεων και πως αυτοί μπορεί να ποσοτικοποιηθούν, σε μια έρευνα με ευρύτερο πεδίο (αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες χώρες), για την ενίσχυση της υπόθεσης των *De Bruyn* (1997), *Vincent* (1997), *Binder and Neumayer* (2005), *Dasgupta et al.* (2006), *Cole* (2007) και *Bernauer and Koubi* (2009) για

την καθοριστική σημασία της πολιτικής, των θεσμών και της διακυβέρνησης, στην προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η συγκριτική αξιολόγηση και η ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων του κλασσικού *EKC* υποδείγματος, όπως αυτά έχουν εκτιμηθεί έως σήμερα, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σχέση του τρόπου διαχείρισης των διαθέσιμων δεδομένων και τεχνικών εκτίμησης, με τα εξαγόμενα συμπεράσματα και ερμηνείες.

Η περαιτέρω εξειδίκευση του ειποδείγματος *EKC*, θα επιφέρει επιπλέον μετατοπίσεις στην σχηματιζόμενη καμπύλη και μεταβολές στο σχήμα του ανάστροφου U. Είναι αρκετά πιθανό να αλλάξει και τη μορφή της καμπύλης, όσο αυτή σχεδιάζεται σε συνάρτηση με το κατά κεφαλή εισόδημα. Τα ενδεχόμενα είναι ανοιχτά και η μέχρι σήμερα βιβλιογραφία δείχνει ότι πολύ δουλειά πρέπει να γίνει ακόμη. Οι *Copeland et al.* (2003) γράφουν: «...Το πιο καταπληκτικό ίσως σχετικά με την *EKC* βιβλιογραφία είναι ο περιορισμένος ρόλος της θεωρίας στην εξέλιξή της. Αυτό δημιούργησε δυσκολίες στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, από τη στιγμή που κάποιο εύρημα είναι συνεπές με διαφορετικές εξηγήσεις...». Όλοι συμφωνούν ότι δεν γνωρίζουμε γιατί υπάρχει η σχέση που ανακαλύπτουν ή και απορρίπτουν οι εμπειρικές μελέτες, ανάμεσα στην ρύπανση και στο εισόδημα.

Από τη στιγμή που το ενδιαφέρον των κέντρων λήψης αποφάσεων επικεντρώθηκε στην *EKC* υπόθεση και στο ρόλο της οικονομικής ανάπτυξης στη διατήρηση ή και βελτίωση του περιβάλλοντος και δεδομένης της ευαισθησίας των αποτελεσμάτων στα δεδομένα και στις χρησιμοποιούμενες τεχνικές και μεθόδους ανάλυσης, είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων για τη μελέτη του προβλήματος. Οι ποικίλοι δείκτες περιβαλλοντικής ποιότητας που έχουν εξεταστεί μέχρι σήμερα προκαλούν σύγχυση, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη λήψη αποφάσεων. Δεδομένου του αποφασιστικού ρόλου της πολιτικής στην αύξηση της κοινωνικής ευημερίας, η μελέτη ενός σταθμισμένου δείκτη περιβαλλοντικής ποιότητας που θα περιλαμβάνει αφενός ρύπους άμεσης και αφετέρου μακροπρόθεσμης επίδρασης στη δημόσια υγεία και ευημερία, κρίνεται απαραίτητη όσο αφορά το αριστερό σκέλος της εξίσωσης. Το δεξιό σκέλος, (εφόσον το ερώτημα είναι αν η οικονομική ανάπτυξη είναι συμβατή με τη διατήρηση του περιβάλλοντος) θα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τους παράγοντες εκείνους που διαφοροποιούν τις υπό μελέτη χώρες από την άποψη της οικονομικής τους διάρθρωσης, του ρυθμού μεγέθυνσης της οικονομίας και της θέσης τους στο οικονομικό γίγνεσθαι. Επιπλέον θα πρέπει να περιλαμβάνονται και δείκτες που προσδιορίζουν το ρυθμό και το βαθμό αφομοίωσης των περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και κανονισμών, ή πηγαίνοντας λίγο παραπέρα, που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της εκάστοτε οικονομικής και περιβαλλοντικής πολιτικής (σύνδεση

στη χάραξη της οικονομικής με την περιβαλλοντική πολιτική, συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων, διαφάνεια, κοινωνική δικαιοσύνη, εσωτερίκευση εξωτερικοτήτων, βαθμός εκδημοκρατισμού στη δημόσια διοίκηση κ.λ.π).

## Βιβλιογραφία

- 1 Agras Jean, Chapman Duane. (1999). A dynamic approach to the environmental Kuznets curve hypothesis, *Ecological Economics*, **28(2)**, 267-277
- 2 Ansuategi A. (2003). Economic growth and transboundary pollution in Europe: an empirical analysis, *Environmental and Resource Economics* **26**, 305-328
- 3 Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling S. C., Jansson B.-O., Levin S., Maler K.-G., Perrings C., Pimentel D. (1996). Economic growth carrying capacity and the environment *Environment and Development Economics*, **1(1)**, 104-110
- 4 Barbier B. Edward. (1997). Introduction to the environmental Kuznets curve special issue, *Environment and Development Economics* **2**, 369-381
- 5 Beckerman Wilfred. (1992). Economic growth and the environment whose growth whose environment, *World Development*, **20(4)**, 481-496
- 6 Berdowski, J., Guicherit, R., Heij, B.J. (2001), *The Climate System*, Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands, 33–78.
- 7 Bernauer Thomas , Koubi Vally. (2009). Effects of political institutions on air quality, *Ecological Economics*, **68(5)**, 1355-1365
- 8 Binder Seth, Neumayer Eric. (2005). Environmental pressure group strength and air pollution an empirical analysis, *Ecological Economics*, **55(4)**, 527-538
- 9 Bradford F. David; Fender A. Rebecca; Shore H. Stephen, Wagner Martin. (2005). The Environmental Kuznets Curve exploring a fresh specification, *Contributions to Economic Analysis & Policy*: **4(1)**, article 5
- 10 Carson T Richard. (2010) The Environmental Kuznets Curve seeking empirical regularity and theoretical structure, *Review of Environmental Economics and Policy*, **4(1)**, 3 - 23
- 11 Cole A. M., Rayner J. A., Bates M. J. (1997). Te environmental Kuznets curve an empirical analysis, *Environmental and Development Economics*, **2**, 401-416
- 12 Cole A. Matthew. (2004). Trade the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve examining the linkages, *Ecological Economics*, **48(1)**, 71-81
- 13 Cole A. Matthew. (2005) Re-examining the pollution-income relationship a random coefficients approach, *Economics Bulletin*, **14(1)**, 1-7
- 14 Cole A. Matthew. (2007). Corruption, income and the environment an empirical analysis, *Ecological Economics*, **62(3-4)**, 637-647
- 15 Copeland R. Brian, Taylor M. Scott. (2003). Trade, growth and the environment. Working Paper 9823, National Bureau of Economic Research, Cambridge.  
<http://www.nber.org/papers/w9823>. Accessed 10 January 2010
- 16 Cropper Maureen, Griffiths Charles. (1994). The Interaction of Population Growth and Environmental Quality, *The American Economic Review*, **84(2)**, 250-254
- 17 Dasgupta S., Hamilton K., Pandey K., Wheeler D. (2006) Environment during growth accounting for governance and vulnerability, *World Development*, **34(9)**, 1597-1611
- 18 Dasgupta S., Laplante B., Wang H., Wheeler D. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve, *Journal of Economic Perspectives* **16(1)**, 147–168

- 19 De Bruyn M. Sander. (1997). Explaining the environmental Kuznets curve structural change and international agreements in reducing sulphur emissions, *Environment and Development Economics* **2**, 485–503
- 20 EViews 6. (2007). *User's guide part's 1 & 2*, Quantitative Micro Software, LLC, USA.
- 21 Garwood Christine. (2004). Green crusaders or captives of industry the British Alkali Inspectorate and the ethics of environmental decision making, 1864-95, *Annals of Science*, **61(1)**, 99-117.
- 22 Graph.2007. Ελεύθερο λογισμικό, Έκδοση 4.3, Build 384, copyright: Ivan Johansen. Available at: <http://www.padowan.dk/graph/>
- 23 Green H. William. (2003). *Econometric analysis*, Pearson Education, New Jersey.
- 24 Grossman G., Krueger A. (1993) Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement, in P. Garber (ed.), U.S.-Mexico Free Trade Agreement. Cambridge, MIT Press.
- 25 Grossman M. Gene, Krueger B. Alan. (1995). Economic growth and the environment, *The Quarterly Journal of Economics* **110(2)**, 353-377
- 26 Grossman M. Gene, Krueger B. Alan. (1996). The inverted-U what does it mean, *Environment and Development Economics*, **1**, 119-122
- 27 Halkos E.George. (2003a). Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models, *Environment and Development Economics* **8**, 581–601
- 28 Halkos E.George. (2003b) Testing the existence of an environmental Kuznets Curve for sulfur using panel data models, *Social science tribune* **10(37)**, 135-158
- 29 Jenkins A., Camarero L., Cosby B.J., Ferrier R.C., Forsius M., Helliwell R.C., Kopacek J., Majer V., Moldan F., Posch M., Rogora M., Schopp W., Wright R.F. (2003). A modeling assessment of acidification and recovery of European surface waters, *Hydrology and earth system sciences*, **7(4)**, 447-455
- 30 Johansson Per-Olov, Kriström Bengt. (2007). On a clear day you might see an environmental Kuznets curve, *Environmental and Resource Economics*, **37**, 77-90
- 31 Kaufmann K. Robert, Davidsdottir Brynhildur, Garnham Sophie, Pauly Peter. (1998). The determinants of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations reconsidering the environmental Kuznets curve, *Ecological Economics*, **25(2)**, 209-220
- 32 Kennedy Peter. (2008). *A guide to econometrics*. Blackwell publishing, Oxford.
- 33 Kuznets Simon. (1955). Economic growth and income inequality, *The American Economic Review*, **45(1)**, 1-28
- 34 Lefohn A.S., Husar J.D., Husar R.B. (1999). Estimating historical anthropogenic global sulfur emission patterns for the period 1850-1990, *Atmospheric Environment*. **33(21)**, 3435-3444.  
<http://www.asl-associates.com/sulfur1.htm> Accessed 24 February 2010
- 35 Maddison Angus. (1995). *Monitoring the World Economy*, OECD Development Centre, Paris.  
<http://www.ggdc.net/maddison/>. Accessed 01 March 2010
- 36 Maddison Angus. (2001). *The World Economy: A Millennial Perspective*, OECD



Development Centre, Paris.

- 37 Maddison Angus. (2006). *The World Economy: Historical Statistics*, OECD Development Centre, Paris.
- 38 Maddison Angus. (2010) Historical statistics Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2008 AD.  
<http://www.ggdc.net/maddison>. Accessed 01 March 2010
- 39 Maddison David. (2007). Modelling sulphur emissions in Europe: a spatial econometric approach, *Oxford Economic Papers* **59**, 726–743
- 40 Markandya A., Golub A., Pedroso-Galinato S. (2006). Empirical analysis of national income and SO<sub>2</sub> emissions in selected European countries, *Environmental and Resource Economics* **35**, 221-257
- 41 Mylona S. (1999). EMEP Emission Data Status Report 1999. EMEP/MS-C-W Report 26.  
[http://www.emep.int/publ/reports/1999/note1\\_99\\_1.pdf](http://www.emep.int/publ/reports/1999/note1_99_1.pdf). Accessed 17 February 2010
- 42 Panayotou Theodore. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development, Working Paper WP238, Technology and Employment Programme, International Labor Office, Geneva
- 43 Panayotou Theodore. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve turning a black box into a policy tool, *Environment and Development Economics*, **2**, 465–484
- 44 Perman Roger, Stern I. David. (1999). The Environmental Kuznets Curve implications of non-stationarity, Working Papers in Ecological Economics 9901, Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian National University  
<http://hdl.handle.net/1885/40917>. Accessed 20 March 2010
- 45 Rock T. Michael. (1996). Pollution intensity of GDP and trade policy: can the World Bank be wrong?, *World Development* **24(3)**, 471-479.
- 46 Selden Thomas M., Song Daqing. (1994), Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for air pollution emissions?, *Journal of Environmental Economics and Management*, **27(2)**, 147-162.
- 47 Shafik N., Bandyopadhyay S. (1992). Economic growth and environmental quality time series and cross country evidence, Research at the World Bank, WPS 904.  
[http://econ.worldbank.org/external/default/main?pagePK=64165259&theSitePK=469382&piPK=64165421&menuPK=64166093&entityID=000009265\\_3961003013329](http://econ.worldbank.org/external/default/main?pagePK=64165259&theSitePK=469382&piPK=64165421&menuPK=64166093&entityID=000009265_3961003013329). Accessed 24 February 2010
- 48 Shafik Nemat. (1994). Economic development and environmental quality an econometric analysis *Oxford Economic Papers*, New Series, Special Issue on Environmental Economics, **46**, 757-773
- 49 Stern I. D. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve, *Environment and Development Economics*, **3**, 173-196
- 50 Stern I. D., Common S. M., Barbier B. E. (1996). Economic growth and environmental degradation the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, **24(7)**, 1151-1160
- 51 Stern I. David, Common S. Michael. (2001). Is there an environmental kuznets curve for sulfur?, *Journal of Environmental Economics and Management*, **41(2)**, 162-178.

- 52 Stern I. David. (1996) Economic growth and environmental degradation the Environmental Kuznets Curve and sustainable development, *World development*, **24(7)**, 1151-1160
- 53 Stern I. David. (2002). Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach, *Ecological Economics*, **42(1-2)**, 201-220
- 54 Stern I. David. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve, *World Development*, **32(8)**, 1419-1439.
- 55 Stern I. David. (2005). Global sulfur emissions from 1850 to 2000, *Chemosphere* **58(2)**, 163-175
- 56 Stern I. David. (2006). Reversal of the trend in global anthropogenic sulfur emissions, *Global Environmental Change*, **16(2)**, 207-220
- 57 Stern I. David. (2010). Global sulfur emissions by country 1850-2003.  
<http://www.sterndavid.com/Data/WEurope.xls>. Accessed 17 February 2010
- 58 U.N. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, UN Documents.  
<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Accessed 14 April 2010
- 59 UNECE. (1979). Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Geneva.  
[http://www.unece.org/env/lrtap/lrtap\\_h1.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/lrtap_h1.htm). Accessed 24 February 2010
- 60 UNECE. (2007). Hemispheric Transport of Air Pollution, Air Pollution Studies 16  
<http://www.unece.org/env/lrtap/conv/conclusi.htm>. Accessed 24 February 2010
- 61 Varian R. H. (2006). *Μικροοικονομική μια σύγχρονη προσέγγιση νέα βελτιωμένη έκδοση Β' Τόμος*, Κριτική, Αθήνα.
- 62 Vestreng V., Myhre G., Fagerli H., Reis S., Tarrason L. (2007). Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe, *Atmospheric Chemistry and Physics* **7**, 3663-3681
- 63 Vincent R. Jeffrey. (1997). Testing for environmental Kuznets curves within a developing country, *Environment and Development Economics*, **2(4)**, 417-431
- 64 Webber J. Don., Allen O. Dave. (2004). Environmental Kuznets Curves: Mess or Meaning, Discussion Papers 0406, University of the West of England, Department of Economics.  
<http://ideas.repec.org/p/uwe/wpaper/0406.html>. Accessed 08 October 2009.
- 65 Winslow Margrethe. (2005). The environmental Kuznets curve revisited once again, *Forum for Social Economics*, **35(1)**, 1-18
- 66 Yandle Bruce, Bhattarai Madhusudan, Vijayaraghavan Maya. (2004). Environmental Kuznets Curves a review of findings, methods, and policy implications, Research Study 02-1  
[http://econ.unt.edu/~nieswiadomy/EnvironmentalKuznetsCurve\\_PERC\\_rs02\\_1a.pdf](http://econ.unt.edu/~nieswiadomy/EnvironmentalKuznetsCurve_PERC_rs02_1a.pdf). Accessed 24 February 2010
- 67 Zarzoso Martinez Inmaculada, Moranco Bengochea Aurelia. (2003). Testing for an environmental kuznets curve in latin-american countries, *Revista de analisis economico* **18(1)**, 3-26.

- 68 Βλάχου Α. (2002). *Περιβάλλον και φυσικοί πόροι οικονομική θεωρία και πολιτική τόμος Α'*, Κριτική, Αθήνα.
- 69 Κάτος Β. Αναστάσιος. (2004). *Οικονομετρία θεωρία και εφαρμογές*, Ζυγός, Θεσσαλονίκη
- 70 Κουϊμτζής Αθ. Θ. (1989). *Χημεία Περιβάλλοντος*, Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- 71 Χάλκος Εμμ. Γεώργιος. (2006). *Οικονομετρία θεωρία και πράξη*, Γκιούρδας Β, Αθήνα
- 72 Χρήστου Κ. Γ. (2007). *Εισαγωγή στην οικονομετρία τόμος Β'*, Gutenberg, Αθήνα.

## **Παραρτήματα**

**Παράρτημα 1: Δεδομένα: εκπομπών  $SO_2$  ( $S$ ), ακαθάριστου εγχώριου  
προϊόντος ( $GDP$ ), πληθυσμού( $P$ ) και κατά κεφαλή ποσότητες**

Τα δεδομένα παρατίθενται σε ηλεκτρονική μορφή στο συνημμένο CD με τίτλο «Δεδομένα». Τα περιεχόμενα του CD χωρίζονται σε δύο φακέλους, με τίτλους:

- «Εκπομπές  $SO_2$ ,  $GDP$  και πληθυσμός για όλες τις χώρες».

Πηγές: *Stern I. D.* (2010), *Maddison A* (2010).

Ο φάκελος περιέχει λογιστικό βιβλίο (*Excel*), που αποτελείται από τρία φύλλα εργασίας με αντίστοιχους τίτλους: «Εκπομπές  $SO_2$ », « $GDP$ » και «Πληθυσμός», αντίστοιχα.

- «Κατά κεφαλή ποσότητες δεδομένων  $S_c$ , και  $GDP_c$ »

Πηγές: *Stern* (2010), *Maddison* (2010)

Ο φάκελος περιέχει λογιστικό βιβλίο (*Excel*), που αποτελείται από δύο φύλλα εργασίας με τίτλους: « $S_c$ », και « $GDP_c$ », αντίστοιχα. Η μετατροπή σε κατά κεφαλή ποσότητες των εκπομπών  $SO_2$  και του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, προέκυψε από τη διαίρεση των εκπομπών και του ΑΕΠ όπως παρατίθενται από τον *Stern* (2010) και *Maddison* (2010) αντίστοιχα, με τον πληθυσμό κάθε χώρας όπως δίνεται από τον *Maddison* (2010). Τα στοιχεία περιλαμβάνονται στον πρώτο φάκελο.

Ο λόγος για τον οποίο δε χρησιμοποιήθηκε απευθείας το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ όπως δίνεται στη βάση δεδομένων του *Maddison* (2010) αλλά προτιμήθηκε ο υπολογισμός του από τα αρχικά δεδομένα του ΑΕΠ και του πληθυσμού, είναι ότι παρατηρήθηκε μικρή απόκλιση στο κατά κεφαλή ΑΕΠ για κάποιες χώρες μεταξύ αυτών και στα υπολογισμένα εκ νέου, δεδομένα.

## **Παράρτημα 2: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub>**

**Πίνακας 1: Κρίσιμα Ευρωπαϊκά νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub>.**

Έτος	Νομοθέτημα
1972	Environmental Action Program
1975	Directive 75/716/EEC: Concerned with the sulfur content of certain liquid fuels. Defined two types of gas oil (diesel and heating oil). Introduced in two stages the sulfur limits for these fuels. Amended in 1987: EC Directive 87/219/EEC: (a) The motor fuel (sulfur content of gas oil); and (b) the oil fuel (sulfur content of gas).
1979	International Convention on Long Range Transboundary Pollution: Introduced to control the transboundary effects of acid rain and to limit emission of acidifying pollutants
1980	Directive 80/779/EEC on limit values for sulfur dioxide and suspended particulates: Over a year, the average level of black smoke (or fine particulates) cannot exceed eighty micrograms per cubic meter. The level of sulfur dioxide is dependent on the concentration of smoke. If there are less than or equal to forty micrograms per cubic meter of black smoke, the amount of sulphur dioxide cannot exceed 120 micrograms per cubic meter. When the amount of smoke exceeds forty micrograms per cubic meter, then the top limit of sulfur dioxide is reduced to eighty micrograms per cubic meter. Similar standards are set for wintertime and peak concentrations.
1984	Directive 84/360/EEC: Establishes a common framework directive on combating pollution from industrial plants.
1985	Helsinki Protocol on Reduction of Sulfur emissions: Reduce by 30% compared to 1980 levels. The target year is 1993.
1987	Directive 88/77/EC: Specified the measures to be taken against the emission of gaseous pollutants from diesel engines for use in vehicles. Controlled emissions of gaseous pollutants from heavy duty vehicles. Amended in 1991: EC Directive 91/542/EEC.
1988	Directive 88/609/EEC: Limited emissions of sulfur dioxide, nitrogen oxide and particulates from power stations and other large combustion plants.
1989	Directive 89/429/EEC: Directive on air pollution from existing municipal waste incinerators. Set limits on new waste incinerators.
1989	Directive 89/369/EEC: Directive on air pollution from new municipal waste incinerators. Set emission limits on new waste incinerators.

**Πίνακας 1.: Κρίσιμα Ευρωπαϊκά νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub> (συνέχεια)**

1992	Directive 91/441/EEC (see SI 1992 No. 2137): Limits emissions of carbon monoxide, hydrocarbons and oxides of nitrogen from new passenger and light goods vehicles.
1993	<p>Directive 93/12/EEC: To reduce emissions of sulfur dioxide resulting from the combustion of certain types of liquid fuels, and to limit the harmful effects of such pollution on human beings and the environment. Amended by the following acts: Directive 98/70/EC and Council Directive 99/32/EC. The reduction in sulfur dioxide emissions applies to heavy fuel oils (liquid fuels derived from petroleum) and gas oil. The Directive does not apply to:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• liquid fuels derived from petroleum used by sea-going ships;</li><li>• gas oil for maritime use used by ships crossing a frontier between a third country and a Member State;</li><li>• fuels intended for processing before final combustion;</li><li>• fuels intended for processing in refineries.</li></ul>
1993	Directive 93/59/EEC: Limits emissions from new light commercial vehicles and vans (see McEldowney and McEldowney 1996, p. 269 for further directives limiting vehicular emissions).
1994	<p>Second Protocol on Reduction of Sulfur Emissions (Oslo Protocol)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Europe to reduce 70-80% if 1980 levels.</li><li>• E. Europe to reduce to 40-50%.</li></ul>
1996	Directive 96/61/EC (Integrated Pollution Prevention and Control Directive): To prevent or minimize emissions to air, water and soil, as well as waste, from industrial and agricultural installations in the Community, with a view to achieving a high level of environmental protection. Accordingly, the Directive: (i) lays down a procedure for applying for, issuing and updating operating permits; and (ii) lays down minimum requirements to be included in any such permit (compliance with the basic obligations, emission limit values for pollutants, monitoring of discharges, minimization of long-distance or transboundary pollution). A transitional period (30 October 1999 - 30 October 2007) is decreed during which existing installations can be brought into conformity with the requirements of the Directive.
1996	Directive 96/62/EC: This provides a statutory framework for controlling levels of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, particulate matter, lead and ozone, benzene, carbon monoxide and other hydrocarbons.
1999	Gothenburg Protocol. Emissions ceilings for sulfur, NO <sub>x</sub> , VOC, and ammonia. Sulfur should be cut by at least 63%, NO <sub>x</sub> by 41%, VOC by 40% and ammonia by 17% compared to 1990.

**Πίνακας 1.: Κρίσιμα Ευρωπαϊκά νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub> (συνέχεια)**

1999	Directive 1999/30/EC: Aims to maintain or improve the quality of the ambient air by establishing limit values for the concentrations of sulfur dioxide, nitrogen dioxide and nitrogen oxides, particulates and lead, together with alert thresholds for concentrations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide in the ambient air by evaluating those concentrations on the basis of common methods and criteria, and by bringing together suitable information on such concentrations in order to keep the public informed.
2001	<p>Directive 2001/81/EC: Aims to set national emission ceilings for pollutants that cause acidification and eutrophication and for ozone precursors (regardless of the sources of pollution) in order to provide fuller protection for the environment and human health against their adverse effects. These pollutants are sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), volatile organic compounds (VOC) and ammonia (NH<sub>3</sub>) – causing acidification, eutrophication and tropospheric ozone formation (also referred to as "bad ozone", present at low altitudes, as contrasted with stratospheric ozone). The purpose of the emission ceilings is broadly to meet the following interim environmental objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• the areas with critical loads of acid depositions will be reduced by at least 50% compared with 1990;</li><li>• ground-level ozone loads above the critical level for human health will be reduced by two-thirds compared with the 1990 situation. An absolute limit is also set. The guide value set by the World Health Organization may not be exceeded on more than 20 days a year; and ground-level ozone loads above the critical level for crops and seminatural vegetation will be reduced by one-third compared with 1990. An absolute limit is also set.</li></ul> <p>Member States are required to draw up programs, by 1 October 2002, for the progressive reduction of their annual national emissions. The programs must be updated and revised as necessary in 2006. They must be made available to the public and to appropriate organizations and submitted to the Commission. Moreover, Member States must prepare and annually update national emission inventories and emission projections for SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC and NH<sub>3</sub>. These inventories and projections must be reported to the Commission and the European Environment Agency each year by 31 December at the latest.</p>

Πηγή: Markandya A. et al (2006, σελ. 252-254)



**Πίνακας 2: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub> στο Ηνωμένο Βασίλειο**

Έτος	Νομοθέτημα
1874	Other noxious gases added to Alkali Act.
1875	Public Health Act: Contained a section on smoke abatement from which legislation to the present day has been based.
1906	Alkali, etc. Works Regulation Act
1926	Smoke Abatement Act
1953	Grit came under control of Alkali inspectors. Reduce emissions to 0.5 grains per cubic foot and install precipitators.
1955	Environment Act. Became law in 1956. 7 years to re-equip, 10 years later, industry had reduced emissions 74%.
1956	Clean Air Act. “Subject to the provisions of this Act, dark smoke shall not be emitted from a chimney of any building, and if, on any day, smoke is so emitted the occupier of the building shall be guilty of an offence.” Section 1. Dark smoke is one whose color is equal to or darker than shade 2 of the Ringlemann Chart – a subjective measure. (Manning 1993 chap. 3) Smokeless zones allowed – not instituted until 1960.
1968	Clean Air Act. Extended the smoke control provisions of the 1956 Act and added further prohibitions on dark smoke emission.
1972	EC Directive 72/306/EEC: Measures to be taken against emissions from diesel engines for use in motor vehicles. Limited black smoke emissions from heavy duty vehicles.
1974	Control of Pollution Act: Allowed for the regulation of the composition of motor fuels. In addition, the Act limited the sulfur content of oil in furnaces and engines.
1975	EC Directive 75/716/EEC: Concerned with the sulfur content of certain liquid fuels. Defined two types of gas oil (diesel and heating oil). Introduced in two stages the sulfur limits for these fuels. Amended in 1987: EC Directive 87/219/ EEC: (a) The motor fuel (sulfur content of gas oil); and (b) the oil fuel (sulphur content of gas).
1979	International Convention on Long Range Transboundary Pollution: Introduced to control the transboundary effects of acid rain and to limit emission of acidifying pollutants.

**Πίνακας 2.: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub> στο Ηνωμένο Βασίλειο (συνέχεια)**

1980	EC Directive 80/779/EEC on limit values for sulfur dioxide and suspended particulates: OJ 1980 No. L229/30. Over a year, the average level of black smoke (or fine particulates) cannot exceed eighty micrograms per cubic meter. The level of sulfur dioxide is dependent on the concentration of smoke. If there are less than or equal to forty micrograms per cubic meter of black smoke, the amount of sulfur dioxide cannot exceed 120 micrograms per cubic meter. When the amount of smoke exceeds forty micrograms per cubic meter, then the top limit of sulfur dioxide is reduced to eighty micrograms per cubic meter. Similar standards are set for wintertime (18) and peak concentrations (19).
1984	EC Directive 84/360/EEC: Establishes a common framework directive on combating pollution from industrial plants.
1985	Helsinki Protocol on Reduction of Sulfur emissions. Reduce by 30% by 1993 compared to 1980 levels (Europa link).
1987	EC Directive 88/77/EC: Specified the measures to be taken against the emission of gaseous pollutants from diesel engines for use in vehicles. Controlled emissions of gaseous pollutants from heavy duty vehicles. Amended in 1991: EC Directive 91/542/EEC.
1988	<p>EC Directive 88/609/EEC: Limited emissions of sulfur dioxide, nitrogen oxide and particulates from power stations and other large combustion plants.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Power stations to reduce emissions of sulfur dioxide and nitrogen oxide.</li><li>• UK to reduce SO<sub>2</sub> by 60% of 1980 levels by 2003.</li><li>• NO by 30% of 1980 levels by 1998.</li><li>• UK Stated target of 30% for sulfur was an ‘aim of policy’</li></ul>
1989	<p>Air Quality Standards Regulations (S.I. 1989 No. 317).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• One year: limit SO<sub>2</sub> to 120 microg/m<sup>3</sup> if smoke less than 40 microg/m<sup>3</sup> (median of daily values) 80 microg/m<sup>3</sup>, if smoke more than 40.</li><li>• Winter: 180 if smoke less than 60 (median of winter values), 130 if smoke more than 60.</li><li>• Year, peak 350 if smoke less than 150 (98 percentile of daily values), 250 if smoke more than 150.</li><li>• From Leeson 1995: 229-230: these figures are the same as for Directive 80/779.</li></ul> <p>Other EC directives to go into effect in the Air Quality Standards Regulations are 82/884/EEC (lead), 85/203/EEC (nitrogen dioxide) and 92/72/EEC (ozone)</p>
1989	EC Directive 89/429/EEC: Directive on air pollution from existing municipal waste incinerators. Set limits on new waste incinerators.

**Πίνακας 2.: Κρίσιμα νομοθετήματα σχετικά με τις εκπομπές SO<sub>2</sub> στο Ηνωμένο Βασίλειο (συνέχεια)**

1989	EC Directive 89/369/EEC: Directive on air pollution from new municipal waste incinerators. Set emission limits on new waste incinerators.
1990	Environmental Protection Act: Brings many smaller emission sources under air pollution control by local authorities for the first time and establishes a system of integrated pollution control for the most potentially polluting processes.
1992	Directive 91/441/EEC. Limits emissions of carbon monoxide, hydrocarbons and oxides of nitrogen from new passenger and light goods vehicles.
1993	Directive 93/59/EEC. Limits emissions from new light commercial vehicles and vans.
1993	Clean Air Act. Consolidation of 1955 and 1963 Acts.
1993	Stubble burning banned.
1994	Second Protocol on Reduction of Sulfur Emissions (Oslo Protocol) <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Europe to reduce 70-80% of 1980 levels.</li><li>• E. Europe to reduce to 40–50%.</li></ul>
1995	Environment Act (came into practice 1997 NAQA): This provides a statutory framework for controlling levels of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, particulate matter, lead and ozone, benzene, carbon monoxide and other hydrocarbons.
1996	EC Directive 96/62/EC: This provides a statutory framework for controlling levels of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, particulate matter, lead and ozone, benzene, carbon monoxide and other hydrocarbons.
1997	National Air Quality Strategy: The first National Air Quality Strategy was published in response to the Environment Act on March 12, 1997, with commitment to achieve new air quality objectives throughout the UK by 2005. It is renewed periodically. There are standards and objectives set for CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , particulates, ozone, lead, benzene and 1,3- butadiene. The government adopted the standard of 100ppb at 99.9% compliance.
1999	Gothenburg Protocol. Emissions ceilings for sulfur, NO <sub>x</sub> , VOC, and ammonia. Sulfur should be cut by at least 63%, NO <sub>x</sub> by 41%, VOC by 40% and ammonia by 17% compared to 1990.
2000	The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland: The second National Air Quality Strategy was published with new air quality objectives for local authorities.

Πηγή: Markandya A., Golub A., Pedroso-Galinato S. (2006, σελ. 255-257)