



Π.Μ.Σ. Εφαρμοσμένης Οικονομικής

Κατεύθυνση: Δημόσια Διοίκηση και Τοπική Αυτοδιοίκηση

Τμήμα Οικονομικών Επιστημών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΙΚΤΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ G-20**

Ελένη Κ. Ψυχούλη

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Γ. Τζερεμές

Βόλος 2018

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω 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 διπλωματική εργασία ετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Μάιος 2018

Ελένη Ψυχούλη

Ευχαριστίες

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Αναπληρωτή Καθηγητή Νικόλαο Τζερεμέ, για τη συνεχή καθοδήγησή του, την πολύτιμη βοήθεια, την άψογη και ανιδιοτελή συνεργασία που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησής της, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν καθόλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Επιπλέον, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τις συμφοιτήτριες, συναδέλφους και φίλες Ελισσάβη Κατοίκου και Αθηνά Τεντζεράκη για όλες τις ώρες επικοινωνητικών συζητήσεων και ανταλλαγής απόψεων και γνώσεων κατά τη φοίτησή μας στο εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα, καθώς και τη συμφοιτήριά μου Στεργιανή Παπαστεργίου για την ηθική συμπαράσταση κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζουν ο σύζυγός μου, Ηλίας, και τα παιδιά μου, Σταυρούλα-Μάρθα και Κωνσταντίνος, για την αμέριστη συμπαράσταση, την υπομονή και την υπέρμετρη κατανόηση που υπέδειξαν για την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
Κεφάλαιο 1	6
Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 2	9
Βιβλιογραφική ανασκόπηση	9
2.1 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.....	9
2.2 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της eco-efficiency.....	13
2.3 Ανασκόπηση μεθοδολογίας.....	17
2.3.1 Βασικοί ορισμοί.....	17
2.3.2 Μέτρηση αποδοτικότητας.....	20
2.3.2.1 Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	20
2.3.2.2 Μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	22
2.3.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	26
2.3.3 Μέτρηση περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency.....	27
Κεφάλαιο 3	37
Δεδομένα έρευνας	37
3.1 Μεταβλητές – Περιγραφικά χαρακτηριστικά.....	37
3.2 Το μοντέλο.....	44
Κεφάλαιο 4	48
Εμπειρικά αποτελέσματα	48
4.1 Εφαρμογή της ΠΑΔ.....	48
4.2 Συγκριτική ανάλυση δεικτών ανά χώρα.....	59
4.3 Δεσμευτική περίοδος 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο.....	75
Κεφάλαιο 5	79
Σχολιασμός - Συμπεράσματα	79
Βιβλιογραφία	83
Παράρτημα Α	88
Παράρτημα Β	89
Παράρτημα Γ	95
Παράρτημα Δ	98

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ G-20

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency 18 χωρών της ομάδας G-20 για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (ΠΑΔ) δημιουργήθηκαν τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Χρησιμοποιούνται τρία μοντέλα σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), το πρώτο οριοθετημένο ως προς την εισροή, ενώ το δεύτερο και το τρίτο οριοθετημένα ως προς την εκροή. Μάλιστα, ο τρίτος δείκτης προκύπτει από το λόγο της οικονομικής προστιθέμενης αξίας προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα αποτελέσματα αναλύονται σε δύο επίπεδα. Αρχικά, αξιολογείται η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κάθε χώρας χωριστά για τον καθένα δείκτη. Έπειτα, εξετάζεται πώς επηρεάστηκε η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών, που επικύρωσαν τη συμφωνία του Πρωτόκολλου του Κιότο και συμφώνησαν στη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σε τρεις χρονικές περιόδους: 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012, που ορίζεται από τη συμφωνία. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι χώρες του δείγματος, στην πλειοψηφία τους, δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές. Τέλος, διαπιστώνεται ότι ενώ αρκετές χώρες της G-20 συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, δεν κατάφεραν να εφαρμόσουν τις κατάλληλες περιβαλλοντικές πολιτικές με αποτέλεσμα να καταγραφούν χαμηλά επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.

Λέξεις κλειδιά: περιβαλλοντική αποδοτικότητα, eco-efficiency, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ), G-20.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the environmental efficiency and eco-efficiency of a sample consisting of 18 countries of the G-20 for the period 1991-2014. By applying the method of Data Envelopment Analysis (DEA) three environmental efficiency indexes were constructed. Three models are used under constant returns to scale, the first input-oriented, the second and the third output-oriented. In fact, the third index is defined as a ratio of economic value added and environmental impacts. The results are analyzed in two fields. Firstly, the environmental efficiency of each country is evaluated separately for each index. Subsequently, was examined the way the environmental efficiency of each country, which ratified Kyoto Protocol agreement and agreed on carbon dioxide emission reductions, was affected by this agreement in three time periods: 1991-2007, 2007-2012 and 2012-2014, before, during and after the commitment period 2008-2012 defined by the agreement. According to the results provided, is concluded that the countries of the sample, in their majority, are not environmental efficient. Finally, it appears that even though several countries of the G-20 group agreed on carbon dioxide emission reductions, they were unable to apply suitable environmental policies and, therefore, low environmental efficiency levels were recorded.

Key Words: environmental efficiency, eco-efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA), G-20.

Κωδικοί JEL: C14, F63, F64, O44

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα περιβαλλοντικά θέματα θεωρούνται από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αφορούν την κοινωνική και οικονομική βιώσιμη ανάπτυξη. Μάλιστα, τα τελευταία χρόνια ο όρος «περιβαλλοντικές επιδόσεις» υποστηρίζεται παγκοσμίως και αναφέρεται συχνά από τους αναλυτές της περιβαλλοντικής πολιτικής και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Ακόμη και στο επίπεδο των επιχειρήσεων, έχει αναγνωριστεί σταδιακά ως σημαντικό στοιχείο της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων, διότι καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις μπορεί να φέρουν στα ενδιαφερόμενα μέρη τεράστια δυνατά οφέλη (Tyteca, 1996).

Οι ερευνητές, λοιπόν, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους προς τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας που είναι μια ουσιώδης και αναγκαία κατεύθυνση όσον αφορά τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Οι περισσότεροι, μάλιστα, αναγνωρίζουν τη σημασία της εκτίμησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, διότι μπορεί να παρέχει στους σχεδιαστές και στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων ποιοτικές πληροφορίες για την αξιολόγηση της απόδοσης, την ανάλυση των πολιτικών και τη δημόσια επικοινωνία (Song et al., 2012).

Όπως αναφέρουν οι Zhou et al. (2008b), από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα, η παγκόσμια συνειδητοποίηση και ανησυχία για τα περιβαλλοντικά θέματα οδήγησε στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός μεγάλου αριθμού τεχνικών μοντέλων για την αντιμετώπιση σύνθετων ενεργειακών και περιβαλλοντικών ζητημάτων. Ένα πολύ διαδεδομένο τεχνικό μοντέλο ήταν αυτό της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (ΠΑΔ ή DEA), όπως εισήχθη από τον Farrell (1957), το οποίο έγινε σταδιακά το πιο δημοφιλές εργαλείο μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.

Η ΠΑΔ είναι μία μη παραμετρική μέθοδος όπου εκτιμάται η σχετική αποδοτικότητα ενός συνόλου συγκρινόμενων μονάδων, μέσω ενός γραμμικού μαθηματικού προγραμματισμού. Αυτές οι μονάδες ονομάζονται Μονάδες Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ) και είναι ομογενείς υπό την έννοια ότι χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία, ώστε να μετατρέπουν τις ίδιες εισροές σε ίδιες εκροές (Zhou et al., 2008b). Το πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί να διαχειριστεί πολλές εκροές που παράγονται από πολλές εισροές χωρίς να απαιτεί την ύπαρξη μιας προκαθορισμένης συναρτησιακής σχέσης.

Το παραδοσιακό μοντέλο μέτρησης της αποδοτικότητας με τη μέθοδο της ΠΑΔ θεωρεί την παραγωγή μόνον επιθυμητών εκροών από ένα σύνολο εισροών, αγνοώντας την ύπαρξη μη επιθυμητών εκροών κατά την πραγματική παραγωγική διαδικασία. Στην πραγματικότητα,

όμως, όταν αναφερόμαστε σε περιβαλλοντικά ζητήματα, μαζί με τις επιθυμητές παράγονται και μη επιθυμητές εκροές. Επομένως, αναδύεται ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον ζήτημα για το πώς αντιμετωπίζονται οι μη επιθυμητές εκροές στο κλασικό μοντέλο της ΠΑΔ. Έτσι, πολλές μελέτες χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της ΠΑΔ για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη ισοαναλογική αύξηση των επιθυμητών εκροών και ταυτόχρονα να μειωθούν οι μη επιθυμητές εκροές.

Γνωρίζουμε ότι στη συνήθη παραγωγική διαδικασία θεωρούμε ότι οι μεταβλητές είναι ισχυρά κατανομημένες, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε μεταβλητή μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να προκαλέσει μείωση στην παραγωγή των άλλων μεταβλητών. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, κατά τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας θεωρούμε ότι οι μεταβλητές είναι ασθενώς κατανομημένες, γεγονός που σημαίνει ότι για να μειωθούν οι μη επιθυμητές εκροές θα πρέπει να μειωθούν ισοαναλογικά και οι επιθυμητές εκροές.

Οι Färe et al. (1989) ήταν οι πρώτοι που διαχειρίστηκαν την παραγωγή των επιθυμητών και μη επιθυμητών εκροών ασυμμετρικά και εισήγαγαν την έννοια της ασθενούς κατανομής των μη επιθυμητών εκροών στη διαδικασία παραγωγής. Άλλες μελέτες αντιμετώπισαν τις μη επιθυμητές εκροές ως εισροές (Reinhard et al., 2000 • Dyckhoff & Allen, 2001 • Hailu & Veeman, 2001), γεγονός που σχολιάστηκε από τους Seiford & Zhu (2002) που υποστήριξαν ότι με αυτόν τον τρόπο παραβιάζεται η πραγματική διαδικασία παραγωγής. Τέλος, μια άλλη προσέγγιση ήταν αυτή των Seiford & Zhu (2002) οι οποίοι εφάρμοσαν μία μονοτονική πτωτική μετατροπή των μη επιθυμητών εκροών σε επιθυμητές εκροές.

Επιπρόσθετα, μια ενδιαφέρουσα εκτίμηση της μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, συνάμα και χρήσιμη, είναι αυτή που την προσεγγίζει από τη σκοπιά της eco-efficiency. Η έννοια της eco-efficiency εκφράζεται ως η οικονομική προστιθέμενη αξία/τις περιβαλλοντικές πιέσεις. Αυτός ο ορισμός συνδυάζει τις οικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές της παραγωγής, δίνοντας τη ίδια έμφαση και στα δύο, προσφέροντας, έτσι, μια πιο οικολογικά προσανατολισμένη άποψη στη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας (Kuosmanen & Kortelainen, 2005).

Στην παρούσα εργασία, ακολουθώντας τις μελέτες και τα θεωρητικά πλαίσια που αναπτύχθηκαν από τους Färe et al. (1989), Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Seiford & Zhu (2002), έγινε εφαρμογή των προαναφερόμενων μεθόδων για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας 18 χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014. Έτσι, κατασκευάστηκαν τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας με τη μέθοδο της ΠΑΔ, με βάση τρία προτεινόμενα μοντέλα και διεξήχθησαν τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, η υπόλοιπη εργασία εκτείνεται σε τέσσερα κεφάλαια, όπως αναφέρονται παρακάτω. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση των μελετών που πραγματεύονται ζητήματα μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency. Επίσης, γίνεται ανασκόπηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε, αναφέροντας βασικούς ορισμούς των οικονομικών παραγωγής που σχετίζονται με την έννοια της αποδοτικότητας, της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, καθώς και της μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, όπως και των τριών μοντέλων της ΠΑΔ που βρήκαν εφαρμογή σε αυτή την εργασία. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν ανά χώρα, κάνοντας ειδική αναφορά σε ό,τι αφορά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο, εξετάζοντας τί συμβαίνει τις χρονικές περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, για τις χώρες που επικύρωσαν τη συμφωνία και συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα. Τέλος, παρατίθενται τα παραρτήματα που περιέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις 18 χώρες, πίνακες με τα δεδομένα και διαγράμματα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας για τους τρεις δείκτες.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας

Στη βιβλιογραφία, οι μελέτες που εφαρμόζουν τη μέθοδο της ΠΑΔ για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας την προσεγγίζουν με εναλλακτικούς τρόπους, ανάλογα με τον ποιόν τύπο μέτρησης της αποδοτικότητας επιλέξουν. Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι που εφαρμόστηκαν σε έρευνες σχετικές με τη μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης είναι οι εξής πέντε: radial (ακτινική), non-radial (μη-ακτινική), slacks-based, hyperbolic (υπερβολική) και directional distance function (λειτουργία κατεύθυνσης απόστασης) (Zhou et al., 2008b). Μάλιστα, οι τελευταίοι υποστηρίζουν ότι η radial μέτρηση της αποδοτικότητας χρησιμοποιείται πιο εκτεταμένα στην ΠΑΔ, καθώς αυτή θεωρεί αναλογικές μειώσεις ή αυξήσεις τόσο των επιθυμητών όσο και των μη επιθυμητών εκροών (Zhou et al., 2008a).

Η μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης με τη χρήση μη παραμετρικών τεχνικών προτάθηκε αρχικά από τους Färe et al. (1989) με βάση το γεγονός ότι η μείωση των ρύπων συνεπάγεται ένα κόστος που μπορεί να μετρηθεί είτε αυξάνοντας τις ποσότητες των εισροών ή μειώνοντας την παραγωγή των επιθυμητών εκροών. Χρησιμοποιούν την hyperbolic μέτρηση της αποδοτικότητας η οποία επιτρέπει την ταυτόχρονη σταθμισμένη μείωση των μη επιθυμητών εκροών μαζί με την επέκταση των επιθυμητών εκροών. Έκαναν εφαρμογή στη βιομηχανία χαρτιού των ΗΠΑ μετρώντας την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων, αντιμετωπίζοντας την περιβαλλοντική τους ικανότητα να παράγουν μεγάλες ποσότητες χαρτοπολτού (επιθυμητή εκροή) σε σχέση με τη μόλυνση του νερού (μη-επιθυμητή εκροή), όπως είναι το SO₂, τα στερεά και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Το 1996 οι Färe et al. συγκρίνουν δύο μοντέλα προσανατολισμένα στις εισροές (input-oriented). Το ένα μετρά την παραγωγή των μη επιθυμητών εκροών, ενώ το άλλο αγνοεί την παραγωγή μη επιθυμητών εκροών ταυτόχρονα με τις επιθυμητές εκροές. Αργότερα, ο Tyteca (1997) εισήγαγε έναν άλλο δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης που βασίζεται στις ίδιες αρχές των Färe et al. (1989), όμως, με διαφορετικές υποθέσεις. Χρησιμοποίησε τρία γραμμικά μοντέλα, ανάλογα με το αν οι εισροές, οι επιθυμητές και οι μη επιθυμητές εκροές ήταν ισχυρά ή ασθενώς κατανεμημένες και κατέληξε στη σύγκριση αυτών με τη δημιουργία ενός τέταρτου μοντέλου με βάση το μοντέλο των Jaggi και Freedman. Γενικά, η κατασκευή των δεικτών περιβαλλοντικής απόδοσης έχει εφαρμοστεί σε πολλές μελέτες που τους ενσωματώνουν στην ανάλυσή τους.

Οι Zofio & Prieto (2001), ακολουθώντας την προσέγγιση των Färe et al. (1989), αξιολογούν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των 14 πιο προηγμένων χωρών του ΟΟΣΑ θεωρώντας την hyperbolic μέτρηση ως τον καλύτερο τρόπο, καθώς εξετάζει ρητά τη γενική μείωση των εκπομπών. Αυτό έγινε ταξινομώντας την ικανότητά τους να αυξήσουν την επιθυμητή εκροή ισοαναλογικά με την μείωση της μη-επιθυμητής εκροής. Οι Picazo-Tadeo & Garcia-Reche (2007) εφαρμόζουν την non-radial μέθοδο για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας σε ένα δείγμα παραγωγών κεραμικών πλακιδίων στην ανατολική Ισπανική περιοχή της Βαλένθια. Στην εργασία τους εξετάζεται η ικανότητα μιας επιχείρησης να μειώσει τα ρυπογόνα απόβλητά της διατηρώντας τα τρέχοντα επίπεδα των εισροών και των επιθυμητών εκροών της. Γενικά, διαπίστωσαν χαμηλές βαθμολογίες περιβαλλοντικής απόδοσης, αποκαλύπτοντας, όμως, σημαντικά περιθώρια βελτίωσής της.

Οι Zaim & Taskin (2000) εισήγαγαν τις ωφέλιμες περιβαλλοντικές μεταβλητές χρησιμοποιώντας μία μη-παραμετρική μέθοδο, και συγκεκριμένα την hyperbolic μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας. Ανέπτυξαν έναν δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης για τις χώρες του ΟΟΣΑ, για την περίοδο 1980-1990, μετρώντας την εκροή που πρέπει να θυσιάσουν προκειμένου να πετύχουν καλύτερα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Στη μελέτη τους εξετάζουν τις εναλλακτικές υποθέσεις της κατανομής των «κακών» εκροών κατά την παραγωγική διαδικασία. Τα αποτελέσματά τους μας δείχνουν ότι α) η Ιαπωνία, η Γαλλία, η Τουρκία, η Νέα Ζηλανδία και η Σουηδία είναι οι μεγαλύτεροι ρυπαντές, ενώ οι ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Ισλανδία και το Λουξεμβούργο παρουσιάζονται πιο περιβαλλοντικά αποδοτικές, β) η μείωση κατά 10% των εκπομπών του CO₂ είναι ορατή μόνο στις 9 από τις 25 χώρες του ΟΟΣΑ, ενώ για 16 χώρες είναι εφικτή η μείωση σε ποσοστό μόλις 1%.

Οι Färe et al. (2004) κατασκευάζουν έναν δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας την ΠΑΔ και ένα ζευγάρι αναλογιών από τις συναρτήσεις απόστασης (distance functions). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται από τον λόγο του ποσοτικού δείκτη της επιθυμητής εκροής προς τον ποσοτικό λόγο της μη-επιθυμητής εκροής και ουσιαστικά μετράει το βαθμό στον οποίο μία ΜΛΑ κατάφερε να παράγει επιθυμητές εκροές, ενώ ταυτόχρονα καταφέρνει να μειώσει τις μη-επιθυμητές εκροές. Υποθέτουν ασθενή κατανομή των μη-επιθυμητών εκροών και ότι είναι αδύνατο να παραχθούν επιθυμητές εκροές χωρίς ταυτόχρονα να παραχθούν και μη-επιθυμητές. Το δείγμα τους αποτελείται από 17 χώρες του ΟΟΣΑ για το έτος 1990 και τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η Γαλλία και η Σουηδία είναι οι περιβαλλοντικά αποδοτικότερες χώρες, με τον μεγαλύτερο δείκτη, ενώ η δυτική Γερμανία και η Ελλάδα είναι οι λιγότερο αποδοτικές, με τον μικρότερο δείκτη.

Το 2006 οι Färe et al. εισήγαγαν έναν δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας βασιζόμενοι στους ποσοτικούς δείκτες του Malmquist ο οποίος μετρά την ποσότητα της επιθυμητής εκροής που παράγεται προς τη μη-επιθυμητή εκροή (στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το SO₂). Επίσης, υπέθεσαν ασθενή κατανομή των μη-επιθυμητών εκροών. Το δείγμα τους αποτελείται από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας (με καύση άνθρακα) των ΗΠΑ για την περίοδο 1985-1998. Παρατηρείται ότι οι εταιρείες που ανταποκρίνονταν σε κανονισμούς και νομοθεσίες παρουσιάζουν βελτιωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις, σε αντίθεση με αυτές που δεν υπόκεινταν σε κανονισμούς. Στη συνέχεια, το 2010 οι Färe et al. επεκτείνουν το δείκτη που εισήγαγαν στο Färe et al. (2006), κάνοντας εφαρμογή στο ίδιο δείγμα για την χρονική περίοδο 1998-2005. Με τη χρήση του νέου δείκτη δείχνουν πώς αυτός μπορεί να παρέχει προοπτικές για τις τάσεις στην απελευθέρωση τοξικών χημικών ουσιών από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Οι Zhou et al. (2006) δημιούργησαν δύο μοντέλα slacks-based μέτρησης της αποδοτικότητας για την μοντελοποίηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας με βάση την ΠΑΔ, ακολουθώντας τις παραδοχές των Färe et al. (1989). Δημιούργησαν δύο δείκτες από τους οποίους ο πρώτος είναι αρκετά σύνθετος και μετρά την οικονομική-περιβαλλοντική επίδοση, ενώ ο δεύτερος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των επιπτώσεων που έχουν οι κανονισμοί που αφορούν το περιβάλλον. Εξετάζουν τις εκπομπές CO₂ σε ένα δείγμα 30 χωρών του ΟΟΣΑ κατά την χρονική περίοδο 1998-2002 και μόνον εννιά χώρες βρέθηκαν να είναι περιβαλλοντικά και οικονομικά αποδοτικές πλήρως.

Το 2007 οι Zhou et al. παρουσιάζουν ένα non-radial μοντέλο για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και έναν non-radial δείκτη Malmquist για να συγκρίνουν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα στην πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιούν ένα δείγμα 26 χωρών του ΟΟΣΑ για να εξετάσουν την περιβαλλοντική τους απόδοση για το χρονικό διάστημα από το 1995 έως το 1997. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι με την διάρκεια αυτών των δύο χρόνων η περιβαλλοντική τους αποδοτικότητα έχει βελτιωθεί, κυρίως λόγω της τεχνολογικής αλλαγής.

Στη συνέχεια, οι Zhou et al. (2008a) προτείνουν τρία radial μοντέλα της ΠΑΔ για την μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS) και μη-αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (NIRS). Το δείγμα τους αποτελείται από 8 περιοχές του κόσμου κατά το έτος 2002 με διαφορετικές τεχνολογικές καταστάσεις. Σκοπός τους ήταν να επεξηγήσουν τη χρήση των προτεινόμενων μέτρων των περιβαλλοντικών επιδόσεων και να δείξουν τα πλεονεκτήματα των μεθόδων της ΠΑΔ όσον αφορά τους δείκτες μέτρησης των εκπομπών του CO₂.

Οι Picazo-Tadeo et al. (2005) χρησιμοποιούν την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ για να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών κανονισμών στις επιδόσεις των επιχειρήσεων. Κατασκεύασαν έναν δείκτη που μετράει τα κόστη ευκαιρίας μεμονωμένων επιχειρήσεων λόγω της νομοθεσίας που αποτρέπει την ελεύθερη διάθεση των αποβλήτων, με βάση τον συλλογισμό των Färe et al. (1989). Το δείγμα τους αποτελείται από 35 εταιρείες παραγωγής κεραμικών στην Ισπανία. Υποθέτουν ότι οι επιχειρήσεις στοχεύουν στη μεγιστοποίηση παραγωγής κεραμικών, που είναι επιθυμητή εκροή, μειώνοντας τις εισροές χωρίς να αλλάξουν την παραγωγή των μη-επιθυμητών εκροών. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η νομοθεσία έχει ένα κόστος που μπορεί να μετρηθεί ως η μικρότερη εφικτή αύξηση των επιθυμητών εκροών.

Οι Halkos & Tzeremes (2009) μετρούν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα 17 χωρών του ΟΟΣΑ για την χρονική περίοδο 1980-2002 και διερευνούν την ύπαρξη συσχέτισης με βάση τον τύπο του Kuznet μεταξύ της περιβαλλοντικής επίδοσης των χωρών και του κατά κεφαλήν εισοδήματος. Κατασκευάζουν αναλογίες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας που ισούνται με τον λόγο της καλής προς την κακή περιβαλλοντική αποδοτικότητα. Υπέθεσαν την ελεύθερη κατανομή των εισροών και των εκροών, σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005) και Haynes et al. (1993), ενώ η μεθοδολογία που ακολουθούν είναι η ανάλυση DEA window. Από την έρευνά τους προκύπτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση με βάση τον τύπο του Kuznet μεταξύ της περιβαλλοντικής επίδοσης των χωρών και του κατά κεφαλήν εισοδήματος, σε αντίθεση με μελέτες άλλων ερευνητών. Επίσης, αναφερόμενοι σε χώρες με υψηλά ποσοστά αύξησης του εισοδήματος παρατηρούν ότι μια αύξηση στο ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) δεν αυξάνει αναλογικά και την περιβαλλοντική αποδοτικότητά τους. Επομένως, η αυξημένη οικονομική δραστηριότητα δεν εξασφαλίζει πάντοτε και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι Halkos & Tzeremes (2012) χρησιμοποιούν την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ, υποθέτοντας ασθενή κατανομή, για την κατασκευή δεικτών περιβαλλοντικής απόδοσης 39 γερμανικών περιφερειών (που ανήκουν στο NUTS 2). Σκοπός τους είναι να προσδιορίσουν την ικανότητα αυτών των περιοχών να παράγουν περισσότερο με ταυτόχρονη μείωση της ρύπανσης (δηλ. τα αστικά απόβλητα) που προέρχεται από την οικονομική τους δραστηριότητα. Επίσης, κατασκευάζουν κάποιους υπό όρους στοχαστικούς πυρήνες (conditional stochastic kernels) για να προσδιορίσουν τη συσχέτιση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ με τις περιφερειακές περιβαλλοντικές αποδοτικότητες που υπολόγισαν. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η πλειοψηφία των γερμανικών αυτών περιοχών είναι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές, με μεγάλη πιθανότητα αυτό να προέρχεται από περιοχές με χαμηλό επίπεδο κατά κεφαλήν ΑΕΠ.

2.2 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της eco-efficiency

Η έννοια της οικονομικής και οικολογικής αποδοτικότητας η οποία συνοψίζεται στη λέξη eco-efficiency αναδύθηκε τη δεκαετία του '90 ως μια πραγματική προσέγγιση για την καλύτερη απόδοση των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης (Schaltegger & Synnestvedt, 2002) και έχει μεγάλη εμβέλεια. Σε γενικές γραμμές αναφέρεται στην ικανότητα δημιουργίας περισσότερων αγαθών και υπηρεσιών με το μικρότερο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον και καταναλώνοντας τους λιγότερους φυσικούς πόρους, γεγονός που περικλείει τόσο οικονομικά όσο και οικολογικά ζητήματα (Picazo-Tadeo et al., 2012). Η eco-efficiency αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης των ικανοτήτων των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ), όσον αφορά τους οικονομικούς και περιβαλλοντικούς τους στόχους (Huppes & Ishikawa, 2009).

Όπως αναφέρουν στο βιβλίο τους οι DeSimone & Popoff (2000, p.47) ο ορισμός που δίνει το Παγκόσμιο Επιχειρηματικό Συμβούλιο για την Αειφόρο Ανάπτυξη (World Business Council for Sustainable Development, στο εξής WBCSD) είναι ο ακόλουθος: *«Η eco-efficiency επιτυγχάνεται με την παράδοση ανταγωνιστικών τιμών στα αγαθά και τις υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες και εξασφαλίζουν μια ποιότητα ζωής, ενώ προοδευτικά μειώνονται οι οικολογικές επιπτώσεις και η ένταση χρήσης των πόρων καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής, στο επίπεδο τουλάχιστον που ευθυγραμμίζεται με την εκτιμώμενη φέρουσα ικανότητα της Γης»*. Με απλά λόγια, η eco-efficiency αφορά τη δημιουργία μεγαλύτερης αξίας με το μικρότερο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Η eco-efficiency της παραγωγής αφορά την ικανότητα να παράγονται αγαθά και υπηρεσίες προκαλώντας την ελάχιστη περιβαλλοντική υποβάθμιση (Kuusmanen, 2005 και Kuusmanen & Kortelainen, 2005) και σχετίζεται με την πιο εμπεριστατωμένη έννοια της βιωσιμότητας. Όπως αναφέρουν οι Kuusmanen & Kortelainen (2005) επικρατεί η άποψη πολλών οικολόγων σύμφωνα με την οποία η επίτευξη της βιωσιμότητας απαιτεί θεμελιώδη αναδιάρθρωση της κοινωνίας, έτσι ώστε η ευημερία των ανθρώπων να μην προέρχεται αποκλειστικά από την υλική κατανάλωση.

Οι Huppes και Ishikawa (2005) σημείωσαν ότι η eco-efficiency είναι μια παρερμηνευμένη έννοια και περιγράφεται με τέσσερις πιθανές μορφές οι οποίες είναι: α) η περιβαλλοντική παραγωγικότητα (environmental productivity), β) η περιβαλλοντική ένταση (environmental intensity), η βελτίωση του περιβαλλοντικού κόστους (environmental cost improvement) και η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κόστους (environmental cost-effectiveness). Η περιβαλλοντική παραγωγικότητα είναι ο λόγος της οικονομικής παραγωγής προς την περιβαλλοντική πίεση,

ενώ η περιβαλλοντική ένταση είναι ακριβώς η αντίθετη αναλογία, αυτή δηλαδή της περιβαλλοντικής πίεσης προς την οικονομική παραγωγή. Επιπλέον, η βελτίωση του περιβαλλοντικού κόστους είναι η αναλογία του κόστους περιβαλλοντικής βελτίωσης διαιρούμενο με την περιβαλλοντική βελτίωση, ενώ η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κόστους είναι ακριβώς η αντίθετη αναλογία.

Η μέτρηση της eco-efficiency είναι εξαιρετικά σημαντική για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι με τη βελτίωσή της επιτυγχάνεται η μείωση των περιβαλλοντικών πιέσεων με τον πλέον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο και ο δεύτερος ότι οι πολιτικές που έχουν στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας υιοθετούνται ευκολότερα έναντι εκείνων που περιορίζουν το επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας (Kuusmanen & Kortelainen, 2005). Συνοψίζοντας, λοιπόν, η eco-efficiency μπορεί να βοηθήσει τις ανεπτυγμένες χώρες να αυξήσουν την παραγωγικότητα των πόρων τους, να ενθαρρύνει τις αναπτυσσόμενες χώρες να αξιοποιήσουν πλήρως το δυναμικό τους, χωρίς να εξαντλήσουν την υλική τους κληρονομιά, και να παράσχουν στις κυβερνήσεις τα βασικά στοιχεία για την ανάπτυξη καινοτόμων και ρεαλιστικών πολιτικών που ενεργοποιούν και επιτρέπουν στην κοινωνία να γίνει βιώσιμη (DeSimone & Poroff, 2000).

Προσαρμόζοντας την έννοια της αποδοτικότητας του Pareto-Koopmans μία μονάδα παραγωγής μπορεί να οριστεί ως eco-efficient εάν δεν είναι δυνατή η βελτίωση της αποδοτικότητας οποιουδήποτε περιβαλλοντικού κριτηρίου χωρίς την ταυτόχρονη μείωση ενός άλλου ή της οικονομικής προστιθέμενης αξίας (Kuusmanen, 2005). Αυτή η έννοια περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικά εφικτών επιλογών eco-efficiency, το λεγόμενο αποτελεσματικό όριο (efficient frontier) και ένας τρόπος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της αποδοτικότητας είναι να μετρηθεί η απόσταση του παρατηρούμενου σημείου από το όριο (δηλ. το σύνορο καλύτερης πρακτικής), όπως αναφέρει ο Kuusmanen (2005). Αυτή η προσέγγιση της απόστασης στο όριο (distance to the frontier) έχει εφαρμοστεί σε πολλές μελέτες που αναλύουν την eco-efficiency, όπως αυτές των Tyteca (1996) και Dyckhoff & Allen (2001).

Εφαρμόζοντας το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο που θα αναπτυχθεί σε επόμενο κεφάλαιο οι Kuusmanen & Kortelainen (2005) αξιολογούν την eco-efficiency των οδικών μεταφορών στις τρεις μεγαλύτερες πόλεις της ανατολικής Φινλανδίας (Kuopio, Joensuu και Mikkeli) από ένα σύνολο 30 πόλεων της Φινλανδίας με πληθυσμό 25.000-125.000 κατοίκους. Εφαρμόζοντας την ΠΑΔ χρησιμοποιούν ως εισροές τους ρυπαντές, δηλ. τις μη επιθυμητές εκροές, και ως εκροές την προστιθέμενη οικονομική αξία, δηλ. τις επιθυμητές εκροές. Οι οικονομικές μεταβλητές είναι οι χιλιομετρικές αποστάσεις (σε million km) και η κατανάλωση καυσίμων (σε tons), ενώ οι περιβαλλοντικές πιέσεις είναι η κλιματική αλλαγή (σε tons of CO₂ equivalents), η οξίνιση (σε tons of acid equivalents), η ομίχλη (σε tons of HC: Hydrocarbons)

και η διασπορά σωματιδίων (σε tons of TPM: Total Particulate Matter). Επιλύοντας το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που παρουσίασαν προέκυψε ότι το Mikkeli είναι πλήρως αποδοτικό, με βαθμολογία 1.000, ενώ το Kuorio και Joensuu είναι οριακά μη αποδοτικά με βαθμολογία 0.988 και 0.980, αντίστοιχα. Μέσω, λοιπόν, της ΠΑΔ μπορούν να προσδιοριστούν οι μονάδες αναφοράς (benchmarks) από τις οποίες κάθε μη αποδοτική μονάδα μπορεί να ζητήσει συμβουλές και καθοδήγηση για την υιοθέτηση τεχνολογιών και μέτρων πολιτικής, με σκοπό τη μείωση των εκπομπών ρύπων.

Οι Halkos & Tzeremes (2013) ενσωματώνουν την επίδραση των πολιτιστικών αξιών 72 χωρών στη διαδικασία της eco-efficiency, βασιζόμενοι στην εργασία των Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Kortelainen (2008). Με την εφαρμογή του δικού τους εμπειρικού μοντέλου παρουσιάζουν για πρώτη φορά τη μέτρηση της επίδρασης της κουλτούρας των χωρών στα επίπεδα της δικής τους eco-efficiency. Τα εμπειρικά τους αποτελέσματα δείχνουν ότι οι χώρες και οι κοινωνίες στις οποίες η εξουσία, ο πλούτος, η επιδεξιότητα και η κοινωνική θέση συνδέονται μεταξύ τους παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα eco-efficiency. Αυτό συμβαίνει διότι υπερισχύουν τα ατομικά συμφέροντα έναντι των συλλογικών, επικρατούν οι ιδεολογίες της ατομικής ελευθερίας, οι νόμοι και τα δικαιώματα είναι τα ίδια για όλους, ενώ ο ρόλος του κράτους περιορίζεται. Αντίθετα, όταν οι χώρες και οι κοινωνίες διέπονται από τις πολιτιστικές αξίες του συντηρητισμού, του εξτρεμισμού, του εθνικισμού και της ξενοφοβίας, ο ρόλος του κράτους κυριαρχεί και ασκείται πολιτική δύναμη από τα συμφέροντα κάποιων ομάδων, τότε αυτές έχουν χαμηλότερα επίπεδα eco-efficiency.

Χρησιμοποιώντας την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ οι Picazo-Tadeo et al. (2012) αξιολογούν την eco-efficiency, βασιζόμενοι στην εργασία των Kuosmanen & Kortelainen (2005). Υπολογίζουν ένα ευρύ φάσμα δεικτών της eco-efficiency που αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς στόχους όσον αφορά τις οικολογικές και οικονομικές επιδόσεις. Το δείγμα τους, στο οποίο κάνουν εφαρμογή το μεθοδολογικό τους πλαίσιο, αποτελείται από 55 καλλιεργητές ελιάς στη Νότια Ισπανία, ως μέρος μιας μεγαλύτερης ερευνητικής εργασίας για την ανάλυση της περιβαλλοντικής και οικονομικής επίδοσης της βιομηχανίας ελιάς στην Ανδαλουσία. Υποθέσανε τρία διαφορετικά σενάρια όπου η διάβρωση, ο κίνδυνος από φυτοφάρμακα και η ενέργεια μειώνονται αντιστοίχως, ενώ οι υπόλοιπες πιέσεις και η προστιθέμενη αξία παραμένουν σταθερές. Καταλήγουν στο γενικό συμπέρασμα ότι βελτιώνοντας την αποδοτικότητα της παραγωγής, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας πιο εξειδικευμένες τεχνικές και πρακτικές διαχείρισης, αποτελεί τον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο μείωσης των περιβαλλοντικών πιέσεων, χωρίς να μειωθεί το αγροτικό εισόδημα.

Οι Picazo-Tadeo et al. (2014) αξιολογούν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 28 κατά την περίοδο 1990-2011, βασιζόμενοι σε προηγούμενη έρευνα του Kortelainen (2008). Χρησιμοποιούν την *directional distance function* μέθοδο και τους περιβαλλοντικούς δείκτες Luenberger για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων διαχρονικά σε επίπεδο διαχείρισης των ρύπων, ως αποτέλεσμα στην αλλαγή της *eco-efficiency* και της περιβαλλοντικής τεχνολογικής αλλαγής. Τα κύρια αποτελέσματα ήταν ότι οι περιβαλλοντικές επιδόσεις βελτιώθηκαν αισθητά αυτή την περίοδο, λόγω της προόδου των περιβαλλοντικών τεχνικών, όχι, όμως, και η *eco-efficiency* που παρέμεινε ουσιαστικά στάσιμη. Επομένως, προτείνουν περαιτέρω μέτρα πολιτικής που στοχεύουν στην ενίσχυση της *eco-efficiency*, με σκοπό τη βελτίωση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας αυτών των χωρών όσον αφορά τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Οι Rashidi & Saen (2015) πρότειναν ένα μοντέλο της ΠΑΔ για να αξιολογήσουν την *eco-efficiency* ορισμένων χωρών του ΟΟΣΑ (19 χωρών). Για τον εντοπισμό όλων των πτυχών της *eco-efficiency* χώρισαν τις εισροές σε ενεργειακές και μη ενεργειακές και τις εκροές σε επιθυμητές και μη επιθυμητές. Επίσης, χωρίζουν τις μεταβλητές σε διακριτούς και μη διακριτούς παράγοντες. Υπολογίζοντας την *eco-efficiency* έκαναν εκτιμήσεις για την πιθανότητα μείωσης τόσο της κατανάλωσης ενέργειας όσο και των μη επιθυμητών εκροών. Οι χώρες που βρέθηκαν να είναι *eco-efficient* είναι η Αυστραλία, η Φινλανδία, η Ιρλανδία, η Νέα Ζηλανδία και η Ελβετία, ενώ οι υπόλοιπες είναι μη αποδοτικές. Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης Spearman μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και μη επιθυμητών εκροών ήταν πολύ υψηλός, γεγονός που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χρήση των ενεργειακών εισροών τόσο περισσότερες μη επιθυμητές εκροές έχουμε.

Ο Lahouel (2016) εφάρμοσε την ΠΑΔ για να αξιολογήσει την *eco-efficiency* σε 17 γαλλικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα των υπηρεσιών σε καταναλωτές. Εξετάζει τη μέτρηση της *eco-efficiency* όταν επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές παράγονται από κοινού, αποδομώντας τη σε δύο μέρη: την τεχνική και την οικολογική αποδοτικότητα. Η μελέτη διεξήχθη μεταξύ των ετών 2011 και 2012 και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο τρεις επιχειρήσεις είναι σχετικά *eco-efficient*. Επιπρόσθετα, έδειξαν μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη μεταξύ του τζίρου και τον αριθμό των εργαζομένων με τις τιμές της *eco-efficiency*.

2.3 Ανασκόπηση μεθοδολογίας

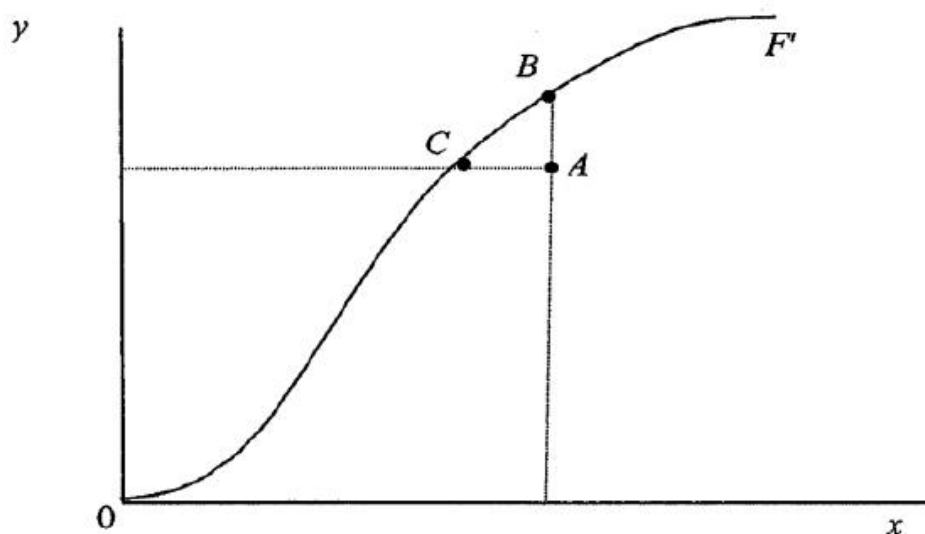
2.3.1 Βασικοί ορισμοί

Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών της μέτρησης της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές έννοιες των οικονομικών της παραγωγής, όπως είναι η παραγωγικότητα (productivity), η συνάρτηση παραγωγής (production function), το όριο παραγωγής (production frontier), οι αποδόσεις κλίμακας (returns to scale), η τεχνολογία παραγωγής (production technology) και η συνάρτηση απόστασης (distance function), σύμφωνα με το βιβλίο των Coelli et al. (2005).

Η παραγωγικότητα μιας επιχείρησης ορίζεται ως ο λόγος της εκροής-προϊόντος (output) που παράγει προς την εισροή (input) που χρησιμοποιεί, δηλαδή $productivity = outputs/inputs$. Αυτός ο λόγος ισχύει και όταν μια επιχείρηση κατά την παραγωγική διαδικασία χρησιμοποιεί περισσότερες από μία εισροές για την παραγωγή περισσότερων του ενός προϊόντος. Μάλιστα, πιο ειδικά όταν μιλάμε για παραγωγικότητα αναφερόμαστε στην συνολική παραγωγικότητα του προϊόντος (total factor productivity) η οποία περιλαμβάνει όλους τους συντελεστές παραγωγής μιας επιχείρησης.

Σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005) οι έννοιες της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας χρησιμοποιούνται τελευταία αρκετά συχνά εναλλακτικά, διαφέροντας, όμως, μεταξύ τους. Θεώρησαν, λοιπόν, μια παραγωγική διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιείται μια εισροή (x) για την παραγωγή μιας εκροής (y). Στο σχήμα 2.1 η καμπύλη OF αναπαριστά το όριο παραγωγής (production frontier) που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ της εισροής και της εκροής. Το όριο παραγωγής αντιπροσωπεύει το μέγιστο δυνατό προϊόν που παράγεται από κάθε επίπεδο εισροής και ουσιαστικά αντανακλά την τεχνολογία μιας επιχείρησης. Οι επιχειρήσεις που είναι πάνω στο όριο παραγωγής, όπως είναι οι B και C, είναι τεχνικά αποδοτικές, ενώ η A είναι τεχνικά μη αποδοτική (σχ. 2.1). Η επιχείρηση στο σημείο A θα μπορούσε να γίνει τεχνικά αποδοτική εάν αύξανε την εκροή της στο επίπεδο του σημείου B, χωρίς να απαιτείται επιπλέον εισροή. Τέλος, στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται η έννοια του εφικτού συνόλου παραγωγής (feasible production set) το οποίο αποτελείται από όλους τους συνδυασμούς των εισροών-εκροών που είναι εφικτοί και περικλείει όλα τα σημεία που βρίσκονται ανάμεσα από την καμπύλη OF και τον άξονα x. Όλα τα σημεία κατά μήκος του ορίου παραγωγής καθορίζουν το υποσύνολο της αποδοτικότητας του συγκεκριμένου εφικτού συνόλου παραγωγής.

Σχήμα 2.1 : Όριο παραγωγής και τεχνική αποδοτικότητα



(Πηγή: Coelli et al. 2005, σελ. 4)

Επιπρόσθετα, η συνάρτηση παραγωγής μιας επιχείρησης που χρησιμοποιεί ποσότητες από N εισροές (π.χ. εργασία, πρώτες ύλες, κ.λπ.) για την παραγωγή μιας εκροής δίνεται από τον τύπο:

$$q = f(x) \quad (1)$$

Όπου το q αντιπροσωπεύει τις εκροές και το $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)'$ είναι ένα διάνυσμα των εισροών $N \times 1$.

Όσον αφορά τις αποδόσεις κλίμακας, αυτές περιγράφουν πώς μεταβάλλεται το επίπεδο του προϊόντος καθώς μεταβάλλονται τα επίπεδα όλων των εισροών σε ευθεία αναλογία (π.χ. όλες οι εισροές διπλασιάζονται ή υποδιπλασιάζονται). Έτσι, εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει αναλογικά μικρότερη αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών αυξάνει λιγότερο από δύο φορές το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (decreasing returns to scale) (εξ. 2). Εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει ίση αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών διπλασιάζει και το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει σταθερές αποδόσεις κλίμακας (constant returns to scale) (εξ. 3). Τέλος, εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών αυξάνει περισσότερο από δύο φορές το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (increasing returns to scale) (εξ. 4). Μεταβάλλοντας όλες τις εισροές κατά ένα ποσό $k > 1$, τότε προκύπτουν οι παρακάτω μαθηματικές εξισώσεις:

$$f(kx) < kf(x) \leftrightarrow DRS \quad (2)$$

$$f(kx) = kf(x) \leftrightarrow CRS \quad (3)$$

$$f(kx) > kf(x) \leftrightarrow IRS \quad (4)$$

Μια πολύ σημαντική έννοια στη θεωρία των οικονομικών παραγωγής είναι αυτή της τεχνολογίας παραγωγής (production technology) μέσω της οποίας γίνεται κατανοητή η έννοια της συνάρτησης απόστασης (distance function) που είναι κρίσιμη για τη μέτρηση της παραγωγικότητας. Οι Coelli et al. (2005) για να περιγράψουν μια τεχνολογία παραγωγής πολλαπλών εισροών (multiple-input) και πολλαπλών εκροών (multiple-output) χρησιμοποιούν το τεχνολογικό σύνολο S . Ακολουθώντας τη θεώρηση των Färe & Primont (1995) συμβολίζουν με x και q ένα διάνυσμα εισροών $N \times 1$ πραγματικών, μη αρνητικών αριθμών και ένα διάνυσμα εκροών $M \times 1$ μη αρνητικών αριθμών, αντίστοιχα. Τότε, το τεχνολογικό σύνολο S ορίζεται ως:

$$S = \{(x,q) : \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} \quad (5)$$

και περιλαμβάνει όλα τα διανύσματα εισροών-εκροών, έτσι ώστε το x να μπορεί να παράγει το q . Εδώ σημειώνεται ότι η τεχνολογία παραγωγής μπορεί να αναπαρασταθεί και να περιγραφεί ισοδύναμα με τη χρήση τόσο ενός συνόλου εκροών όσο και ενός συνόλου εισροών.

Η τεχνολογία παραγωγής S μπορεί να οριστεί ισοδύναμα χρησιμοποιώντας το σύνολο των εκροών που αντιπροσωπεύει το σύνολο όλων των διανυσμάτων εκροής, q , τα οποία μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας το διάνυσμα εισροής x . Σημειωτικά αποδίδεται ως εξής:

$$P(x) = \{q : \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} = \{q : (x,q) \in S\}. \quad (6)$$

Οι ιδιότητες του συνόλου εκροών συνοψίζονται παρακάτω. Για κάθε x το σύνολο των εκροών $P(x)$ ικανοποιούν τα εξής:

- (i) $0 \in P(x)$: μπορεί να μην παραχθεί τίποτα από ένα δοθέν σύνολο εκροών
- (ii) μη μηδενικά επίπεδα εκροής δεν μπορούν να παραχθούν από μηδενικά επίπεδα εισροής
- (iii) η $P(x)$ ικανοποιεί ισχυρή κατανομή των εκροών: εάν $q \in P(x)$ και $q^* < q$ τότε $q^* \in P(x)$ ¹
- (iv) η $P(x)$ ικανοποιεί ισχυρή κατανομή των εισροών: εάν το q παράγεται από το x τότε το q παράγεται από κάθε $x^* > x$ ²
- (v) η $P(x)$ είναι κλειστή
- (vi) η $P(x)$ είναι οριοθετημένη και
- (vii) η $P(x)$ είναι κυρτή

¹Μια εναλλακτική θεώρηση της ισχυρής κατανομής είναι η «ασθενής κατανομή», η οποία δηλώνει ότι εάν ένα διάνυσμα εκροών, q , μπορεί να παραχθεί από ένα δοθέν διάνυσμα εισροής, x , τότε οποιαδήποτε συστολή του q , λq , με $0 < \lambda < 1$, μπορεί επίσης να παραχθεί με το x . Είναι εμφανές ότι η ισχυρή κατανομή συνεπάγεται ασθενή κατανομή, δεν ισχύει όμως το αντίστροφο.

² Εφόσον το x^* και το x είναι διανύσματα, τότε το $x^* > x$ ισχύει όταν όλα τα στοιχεία του x^* είναι μεγαλύτερα ή ίσα με τα αντίστοιχα στοιχεία στο x , αλλά αυστηρά μεγαλύτερα για τουλάχιστον ένα στοιχείο.

Η υπόθεση του κλειστού είναι μια μαθηματική απαίτηση, αλλά η οριοθέτηση της $P(x)$ υποδηλώνει ότι δεν μπορούν να παραχθούν απεριόριστα επίπεδα εκροών από ένα δοθέν σύνολο εισροών. Η κυρτότητα υποδηλώνει ότι εάν δύο συνδυασμοί εκροών μπορούν να παραχθούν από ένα δοθέν διάνυσμα εισροής x , τότε οποιοσδήποτε σταθμισμένος μέσος όρος αυτών των διανυσμάτων εκροής μπορούν, επίσης, να παραχθούν.

Από την άλλη, όσον αφορά το σύνολο της εισροής που σχετίζεται με ένα δοθέν διάνυσμα εκροής, y , ορίζεται ως:

$$L(q) = \{x: \text{το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} = \{x: (x, q) \in S\} \quad (7)$$

Το σύνολο της εισροής αποτελείται από όλα τα διανύσματα εισροών, x , που μπορούν να παράγουν ένα δοθέν διάνυσμα εκροής, q .

Με βάση τις βασικές θεωρήσεις της τεχνολογίας παραγωγής, εξάγονται οι ακόλουθες ιδιότητες του συνόλου των εισροών.

- (i) η $L(q)$ είναι κλειστή για όλα τα q
- (ii) η $L(q)$ είναι κυρτή για όλα τα q
- (iii) οι εισροές είναι ασθενώς κατανεμημένες εάν $x \in L(q)$, τότε, για όλα τα $\lambda > 1$, $\lambda x \in L(q)$
και
- (iv) οι εισροές είναι ισχυρά κατανεμημένες εάν $x \in L(q)$ και εάν $x^* > x$, τότε $x^* \in L(q)$

Καθώς τα σύνολα εκροών και εισροών παρέχουν εναλλακτικές περιγραφές της ίδιας βασικής τεχνολογίας, αυτά τα δύο είναι, επίσης, αλληλένδετα. Αυτό μπορούμε εύκολα να το δούμε εάν το q ανήκει στο $P(x)$, δηλαδή το q μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας το διάνυσμα εισροής x , τότε το x ανήκει στο σύνολο εισροών του q , $L(q)$. Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι αυτές οι περιγραφές είναι ισοδύναμες διότι περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες.

2.3.2 Μέτρηση αποδοτικότητας

2.3.2.1 Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ) είναι μία μη-παραμετρική μέθοδος μέτρησης της σχετικής αποδοτικότητας των επιχειρήσεων με πολλαπλές εισροές και πολλαπλές εκροές (Charnes et al. (1978). Οι Coelli et al. (2005) αναφέρουν ότι η ΠΑΔ περιλαμβάνει τη χρήση μεθόδων γραμμικού προγραμματισμού για την κατασκευή ενός ορίου (frontier) με βάση το σύνολο των δεδομένων και, επομένως, τα μέτρα της αποδοτικότητας υπολογίζονται σε σχέση με αυτό το όριο. Το πρώτο μη-παραμετρικό μοντέλο της ΠΑΔ το ανέπτυξαν οι Charnes et al.

(1978) βασιζόμενοι στη μεθοδολογία που ανέπτυξε ο Farrell (1957) για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των παραγωγικών μονάδων.

Η ΠΑΔ μετράει την σχετική αποδοτικότητα ενός συνόλου ομογενών και συγκρίσιμων ομάδων, των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ ή DMU's), οι οποίες χρησιμοποιούν συγκεκριμένες εισροές και μέσω της τεχνολογίας παραγωγής δίνουν και τις αντίστοιχες εκροές. Αυτή η προσέγγιση καθορίζει ένα «αποτελεσματικό σύνορο» που διαμορφώνεται από ένα σύνολο των ΜΛΑ που παρουσιάζουν βέλτιστες πρακτικές και στη συνέχεια καθορίζει το επίπεδο αποτελεσματικότητας σε άλλες μονάδες εκτός συνόρου, ανάλογα με την απόστασή τους από το αποτελεσματικό σύνορο (Liu et al., 2013). Άρα, όσες μονάδες βρίσκονται πάνω σε αυτό το αποτελεσματικό σύνορο είναι 100% αποδοτικές, ενώ οι υπόλοιπες εκτός αυτού του συνόρου είναι μη αποδοτικές.

Οι ΜΛΑ που είναι μη αποδοτικές για να φτάσουν στο όριο αποδοτικότητας μπορούν να βελτιωθούν, είτε μειώνοντας τις εισροές τους, είτε αυξάνοντας τις εκροές τους. Αυτό είναι το λεγόμενο δυϊκό πρόβλημα στην παραγωγική διαδικασία - αφορά τη μέτρηση της αποδοτικότητας με μοντέλο οριοθετημένο ως προς τις εισροές (input-oriented) ή οριοθετημένο ως προς τις εκροές (output-oriented) - το οποίο αναπτύσσεται παρακάτω. Το δυϊκό, λοιπόν, πρόβλημα μέτρησης της αποδοτικότητας εντοπίζεται στον προσανατολισμό των επιχειρήσεων, μεταξύ των δύο επιλογών που έχουν, προκειμένου να καταστούν αποδοτικές. Έτσι, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, είτε ελαχιστοποιούν τις εισροές τους κρατώντας σταθερές τις εκροές τους, στην περίπτωση που έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην παραγωγική διαδικασία, είτε μεγιστοποιούν τις εκροές τους διατηρώντας σταθερές τις εισροές τους, στην περίπτωση που έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην παραγωγή των προϊόντων.

Το input-oriented μοντέλο, με βάση το απαιτούμενο σύνολο εισροών και το αποτελεσματικό του όριο (efficiency frontier), στοχεύει στην όσο το δυνατόν μείωση των ποσοτήτων των εισροών με ταυτόχρονη διατήρηση του επιπέδου των εκροών. Αυτό ονομάζεται, επίσης, “εξοικονόμηση εισροής” (“input-saving”) προσέγγιση που δηλώνει ότι το επίπεδο των εκροών παραμένει αμετάβλητο και οι ποσότητες των εισροών μειώνονται αναλογικά μέχρι να φτάσουν στο όριο (Daraio & Simar 2007, σελ. 30). Το output-oriented μοντέλο στοχεύει στη μεγιστοποίηση του επιπέδου των εκροών με βάση την τρέχουσα χρήση των εισροών. Αυτή η προσέγγιση είναι, επίσης, γνωστή ως “αύξηση εκροής” (“output-augmenting”) και δηλώνει ότι οι ποσότητες των εισροών παραμένουν αμετάβλητες ενώ το επίπεδο των εκροών επεκτείνεται μέχρι να φτάσουν στο όριο (Daraio & Simar 2007, σελ. 30).

Η ΠΑΔ είναι μια πολύ δημοφιλής μέθοδος μέτρησης της αποδοτικότητας για ομοειδείς ΜΛΑ. Μάλιστα, σύμφωνα με τους Emrouznejad & Yang (2018) παρατηρείται μια συνεχής και

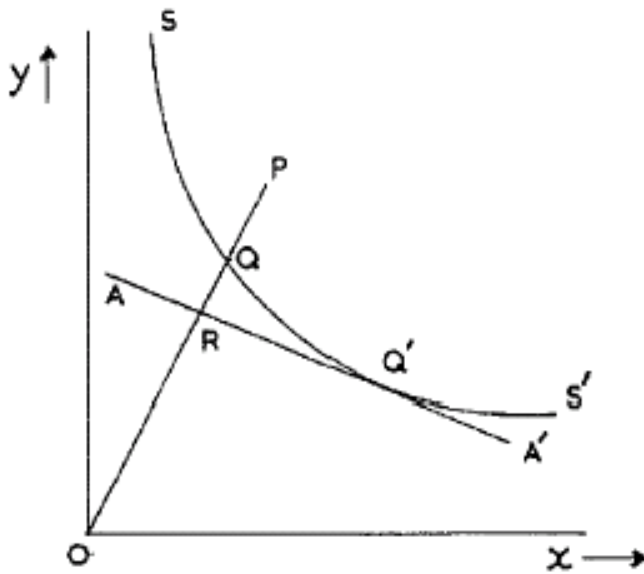
ραγδαία αύξηση των μελετών που σχετίζονται με την ΠΑΔ μετά την εισαγωγή της από τους Charnes et al. (1978). Βρίσκει, λοιπόν, εφαρμογή σε πολλά επιστημονικά πεδία, όπως είναι η αξιολόγηση νοσοκομείων, πανεπιστημίων, σχολείων, δημόσιων οργανισμών, τραπεζών, χωρών, κ.λπ.. Σημειώνεται, δε, ότι αρχικά προορίζονταν να εφαρμοστεί στο δημόσιο τομέα και σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, όπου τυπικά δεν προέχουν οι οικονομικοί στόχοι. Τέλος, έχει συχνά χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν τα αίτια της αναποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων σε σχέση με την κερδοφορία τους ή με το αν κάποιες συγχωνεύσεις ήταν συμφέρουσες (Cooper et al., 2006).

2.3.2.2 Μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Ο Farrell (1957) ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε την έννοια της αποδοτικότητας μιας επιχείρησης καθορίζοντας το αποδοτικό όριο (efficiency frontier). Μια επιχείρηση θεωρείται αποδοτική όταν παράγει τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα προϊόντος (εκροή) από μία δεδομένη ποσότητα εισροών, με την προϋπόθεση ότι οι μετρήσεις έχουν γίνει σωστά (Farrell, 1957). Ο Farrell (1957) μέτρησε την τεχνική αποδοτικότητα (technical efficiency), την αποδοτικότητα τιμής (price efficiency) και την ολική αποδοτικότητα (overall efficiency).

Συγκεκριμένα, ο Farrell (1957) κάνει την υπόθεση ότι μια επιχείρηση χρησιμοποιεί δύο συντελεστές παραγωγής (εισροές) για να παράγει ένα και μόνον προϊόν (εκροή), έχοντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS). Επίσης, η αποδοτική συνάρτηση παραγωγής είναι γνωστή, γεγονός που σημαίνει ότι είναι γνωστή η εκροή που θα παράγει μια πλήρως αποδοτική επιχείρηση από κάθε δυνατό συνδυασμό των εισροών. Σχηματικά όλες οι σχετικές παραδοχές παρουσιάζονται σε ένα διάγραμμα ισοπροϊόντος (isoquant) (διάγρ. 2.1). Το σημείο P αντιπροσωπεύει τις εισροές των δύο συντελεστών παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος που μπορεί να χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση. Η καμπύλη SS' (καμπύλη ισοπροϊόντος) αναπαριστά όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των δύο συντελεστών που μπορεί να χρησιμοποιήσει μια πλήρως αποδοτική επιχείρηση έτσι ώστε να παράγει μία μονάδα εκροής. Το σημείο Q αναπαριστά μια αποδοτική επιχείρηση που χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής με την ίδια αναλογία με την επιχείρηση που βρίσκεται στο σημείο P.

Διάγραμμα 2.1: Καμπύλη ισοπροϊόντος



(Πηγή: Farrell 1957, σελ. 254)

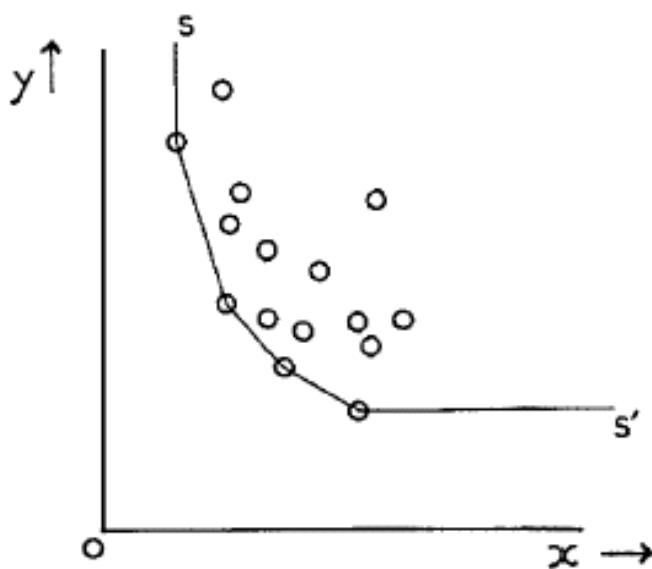
Παρατηρώντας το διάγραμμα 2.1 διαπιστώνουμε ότι η επιχείρηση στο σημείο Q παράγει την ίδια ποσότητα εκροής με την επιχείρηση που βρίσκεται στο σημείο P, χρησιμοποιώντας μόνο την ποσότητα OQ/OP από κάθε εισροή. Επίσης, παράγει OP/OQ φορές περισσότερη εκροή από τις ίδιες εισροές. Η αναλογία OQ/OP που προκύπτει από τα παραπάνω ορίζεται ως η τεχνική αποδοτικότητα της επιχείρησης του σημείου P. Αυτός ο λόγος έχει όλες τις ιδιότητες που χρειάζεται ένα μέτρο αποδοτικότητας και επομένως παίρνει την τιμή 1 (ή 100%) όταν μια επιχείρηση είναι πλήρως αποδοτική, ενώ παίρνει μικρότερες τιμές της μονάδας όταν οι ποσότητες των εισροών ανά μονάδα εκροής αυξάνονται. Επιπλέον, όσο η κλίση της καμπύλης ισοπροϊόντος SS' είναι αρνητική, μια αύξηση της εισροής ανά μονάδα εκροής, κρατώντας τους υπόλοιπους συντελεστές παραγωγής σταθερούς, θα έχει σαν αποτέλεσμα η τεχνική αποδοτικότητα να είναι χαμηλότερη. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι είναι αναγκαία η μέτρηση του βαθμού στον οποίο μια επιχείρηση χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής της στη βέλτιστη αναλογία, λαμβάνοντας υπόψη και τις τιμές τους.

Στο διάγραμμα 2.1 εάν η κλίση της AA' (γραμμή ισοκόστους) είναι ίση με την αναλογία των τιμών των δύο συντελεστών, τότε το σημείο Q' θα αποτελεί τη βέλτιστη μέθοδο παραγωγής και όχι το Q. Παρόλο που τα δύο αυτά σημεία αντιπροσωπεύουν το 100% της βέλτιστης αποδοτικότητας, το κόστος παραγωγής στο σημείο Q' θα είναι ο λόγος OR/OQ από αυτό στο σημείο Q, ο οποίος λόγος ορίζεται ως η αποδοτικότητα τιμής στο σημείο Q. Στην περίπτωση που η επιχείρηση αλλάξει την αναλογία των εισροών της μέχρι να γίνουν ίσες με αυτές του σημείου Q' , διατηρώντας σταθερή της τεχνική της αποδοτικότητα, τότε τα κόστη της θα

μειωθούν κατά OR/OQ , εφόσον οι τιμές δεν αλλάξουν. Επομένως, η αναλογία αυτή είναι, επίσης, η αποδοτικότητα τιμής της επιχείρησης του σημείου P . Βεβαίως, ο παραπάνω ισχυρισμός δεν είναι απόλυτα ορθός, καθώς δεν μπορεί να προβλεφθεί τί θα συμβεί στην τεχνική αποδοτικότητα μιας επιχείρησης όταν αλλάξει τις αναλογίες των εισροών της, πλην όμως φαίνεται να είναι η καλύτερη διαθέσιμη προσέγγιση (δίνει την ίδια αποδοτικότητα τιμής για επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τους ίδιους συντελεστές παραγωγής στις ίδιες αναλογίες). Τέλος, εάν η επιχείρηση είναι πλήρως αποδοτική, τόσο τεχνικά όσο και με τις τιμές, τότε τα κόστη της θα είναι ο λόγος OR/OP ο οποίος ορίζεται ως ολική αποδοτικότητα (δηλ. ισούται με την τεχνική αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα τιμής).

Στο σημείο αυτό, ο Farrell (1957) εκτιμά την αποδοτική συνάρτηση παραγωγής (efficient production function) παρατηρώντας τις εισροές και εκροές ενός συνόλου επιχειρήσεων. Βασιζόμενος στις ίδιες υποθέσεις που προαναφέρθηκαν, κάθε επιχείρηση αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο στην καμπύλη ισοπροϊόντος, με αποτέλεσμα το σύνολο των επιχειρήσεων να δημιουργήσει ένα διάγραμμα διασποράς (διάγρ. 2.2). Η αποδοτική συνάρτηση παραγωγής απεικονίζεται ως μια καμπύλη ισοπροϊόντος και το ζητούμενο είναι η εκτίμηση μιας αποδοτικής καμπύλης ισοπροϊόντος από το διάγραμμα διασποράς.

Διάγραμμα 2.2: Διάγραμμα διασποράς



(Πηγή: Farrell 1957, σελ. 256)

Υποθέτοντας ότι η καμπύλη ισοπροϊόντος είναι κυρτή ως προς την αρχή των αξόνων και η κλίση δεν είναι πουθενά θετική, τότε η καμπύλη SS' είναι η λιγότερο αισιόδοξη εκτίμηση αυτής. Η καμπύλη SS' αντιπροσωπεύει το ελάχιστο αναμενόμενο επίπεδο αποδοτικότητας το

οποίο συνάδει με τις παρατηρούμενες τιμές και ικανοποιεί τις δύο υποθέσεις. Επομένως, η καμπύλη SS' μπορεί να θεωρηθεί ως η εκτίμηση της αποδοτικής καμπύλης ισοπροϊόντος. Αυτή η μέθοδος μέτρησης της τεχνικής αποδοτικότητας μιας επιχείρησης περιλαμβάνει τη σύγκρισή της με μια υποθετική επιχείρηση που χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής με την ίδια αναλογία. Η υποθετική αυτή επιχείρηση κατασκευάστηκε σαν ένας σταθμισμένος μέσος όρος των δύο παρατηρούμενων επιχειρήσεων και οι σταθμίσεις αυτές επιλέχθηκαν ώστε να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές αναλογίες των συντελεστών παραγωγής.

Βέβαια, αναφέρεται ότι στην περίπτωση της γενίκευσης ενός μοντέλου όπου έχουμε πολλές εισροές και πολλές εκροές το διάγραμμα ισοπροϊόντος πρέπει να εγκαταλειφθεί, διατηρώντας, όμως, αμετάβλητη τη βασική αρχή του σχηματισμού μιας υποθετικής επιχείρησης ως ο σταθμισμένος μέσος του κατάλληλου αριθμού των παρατηρούμενων επιχειρήσεων. Πιο συγκεκριμένα, η καμπύλη SS' γεωμετρικά καθορίζεται από ένα ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει ζεύγη σημείων ενός συνόλου σημείων A που περιλαμβάνει τα παρατηρούμενα σημεία, καθώς και τα σημεία $(0, \infty)$ και $(\infty, 0)$. Τα δύο τελευταία σημεία στο άπειρο συμπεριλαμβάνονται για να εξηγήσουν τα τμήματα της καμπύλης SS' που είναι παράλληλα στους άξονες. Η επιλογή αυτών των ζευγαριών σημείων έγινε έτσι ώστε το ευθύγραμμο τμήμα που τα ενώνει να ικανοποιεί τις δύο βασικές προϋποθέσεις που είναι ότι: α) η κλίση της καμπύλης δεν είναι θετική και β) ότι δεν υπάρχει κανένα σημείο ανάμεσα σε αυτό και στην αρχή των αξόνων.

Σε συνέχεια του Farrell (1957) αυτοί οι οποίοι ασχολήθηκαν με την ΠΑΔ ήταν οι Charnes et al. (1978), υπό την προϋπόθεση των σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS). Ανέπτυξαν ένα υπόδειγμα μαθηματικού σχεδιασμού, γνωστό και ως υπόδειγμα CCR από τα αρχικά των ερευνητών, (χρησιμοποιώντας την ανάλυση ισοπροϊόντος του Farrell) για τη μέτρηση του ορίου τεχνικής αποδοτικότητας και υπολόγισαν την αποδοτικότητα μιας Μονάδας Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ) σε σχέση με την αποδοτικότητα μιας άλλης ΜΛΑ. Μια επέκταση του CCR μοντέλου ανέπτυξαν οι Banker et al. (1984), γνωστό και ως υπόδειγμα BCC υπό την προϋπόθεση των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (VRS), με σκοπό να μετρήσουν την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα. Έτσι, προσδιόρισαν μία επιφάνεια αποδοτικής παραγωγής με την οποία επιτρέπεται να καθοριστούν οι αποδόσεις κλίμακας, δηλ. αύξουσες, σταθερές και φθίνουσες, σε τμήματα της επιφάνειας παραγωγής.

2.3.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Η μέθοδος της ΠΑΔ προσφέρει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα έναντι άλλων οικονομετρικών προσεγγίσεων μέτρησης της αποδοτικότητας. Από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι ότι μπορεί να συμπεριλάβει πολλαπλά δεδομένα εισροών και εκροών κατά την αξιολόγηση μιας μονάδας (multiple inputs and outputs). Δεύτερο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτείται η παραδοχή μιας συναρτησιακής μορφής συσχέτισης μεταξύ των εισροών και των εκροών, δηλαδή δεν απαιτείται πρότερη γνώση της συνάρτησης παραγωγής (prior knowledge of production form) στην κατασκευή του συνόρου αποδοτικότητας. Για αυτό τον λόγο θεωρείται ως μία μη παραμετρική μέθοδος και βασίζεται σε πραγματικές παρατηρήσεις εισροών- εκροών τις οποίες μετρούμε στις φυσικές τους κλίμακες.

Τρίτον, μπορεί να χρησιμοποιεί εισροές και εκροές που είναι εκφρασμένες σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Επίσης, η ΠΑΔ μπορεί να χειριστεί το ίδιο αποτελεσματικά τόσο προβλήματα ελαχιστοποίησης των εισροών (input orientation), όσο και προβλήματα μεγιστοποίησης των εκροών (output orientation), ενώ χειρίζεται προβλήματα που αναλύουν τόσο τα επίπεδα ποσοτήτων όσο και τα επίπεδα τιμών. Ακόμη, τα σχετικά βάρη (weights) των μεταβλητών δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστά από πριν (Song et al., 2012). Τέλος, μπορεί να θέσει σημεία αναφοράς, τα λεγόμενα benchmarks.

Από την άλλη πλευρά, λόγω της ντετερμινιστικής φύσης της ΠΑΔ, δεν μπορεί να διακρίνει την ύπαρξη στατιστικού θορύβου (statistical noise) (Daraio & Simar, 2007), καθώς οι όποιες αποκλίσεις των παρατηρούμενων ποσοτήτων εισροών-εκροών από το εν δυνάμει όριο αποδίδονται στη μη αποτελεσματικότητα. Επίσης, δεν μπορεί να διαχειριστεί τις ακραίες τιμές (outliers) που δημιουργούν προβλήματα στις εκτιμήσεις, ενώ δεν μπορούμε να δημιουργήσουμε διαστήματα εμπιστοσύνης για την τεκμηρίωση των εκτιμήσεων. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το εν λόγω πρόβλημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάποιες στατιστικές τεχνικές, όπως είναι η μέθοδος προσομοίωσης (bootstrap) (εκτιμά το τυποποιημένο σφάλμα, τα διαστήματα εμπιστοσύνης και την δειγματική κατανομή), έτσι ώστε να παρέχονται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για τις ΜΛΑ (Zhou et al., 2008a).

Δεδομένου ότι η μέθοδος της ΠΑΔ βασίζεται στην αξιολόγηση της σχετικής αποτελεσματικότητας των συγκρίσιμων μονάδων σε ένα γενικό πλαίσιο που επιτρέπει τα δεδομένα να «μιλήσουν από μόνα τους», αυτά θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σωστά, ακριβή, αξιόπιστα και συνάμα το μέγεθος του δείγματος θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο

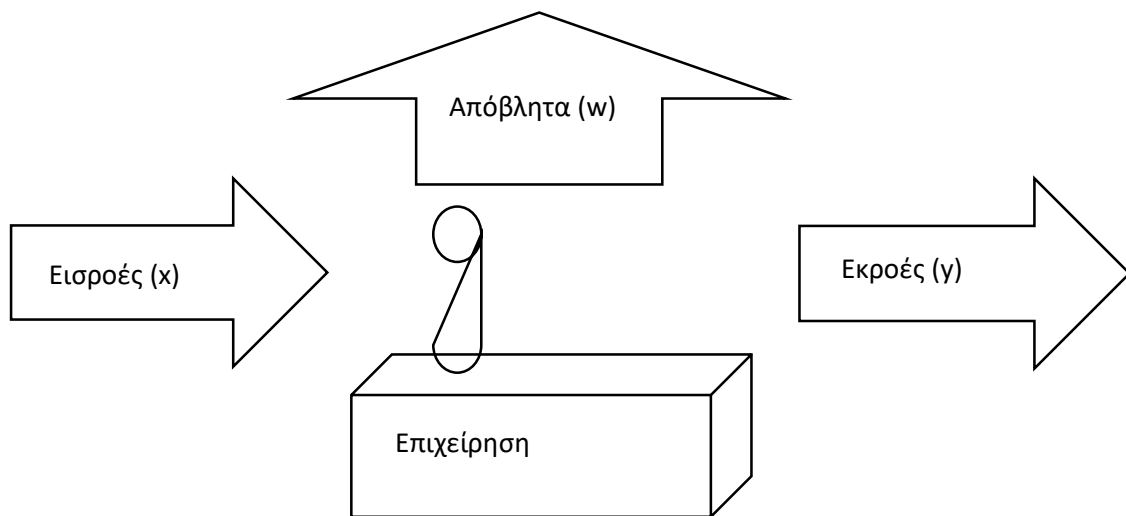
(Zhang et al., 2008). Μάλιστα, κατά την εφαρμογή μη παραμετρικών τεχνικών και ιδιαίτερα της ΠΑΔ, τα αποτελέσματα υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς. Επίσης, είναι πολύ ευαίσθητα σε οποιαδήποτε μικρή αλλαγή των δεδομένων (Zhou et al., 2008a, b) αφού μετρά σχετική αποδοτικότητα ως προς έναν συνδυασμό των ΜΛΑ. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η ντετερμινιστική φύση της ΠΑΔ μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα μέτρησης λόγω του γεγονότος ότι είναι ευαίσθητη σε ακραίες τιμές (Zhang, 2002).

2.3.3 Μέτρηση περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και *eco-efficiency*

Η βιβλιογραφία που αφορά την περιβαλλοντική αποδοτικότητα είναι στενά συνδεδεμένη προς τη θεωρία παραγωγής και την μέθοδο της ΠΑΔ. Όταν μιλάμε για περιβαλλοντική αποδοτικότητα, αναπόφευκτα, εμφανίζονται επιθυμητοί και μη επιθυμητοί παράγοντες. Έτσι, η αναποτελεσματικότητα στην παραγωγική διαδικασία υφίσταται επειδή οι εκροές είναι μη επιθυμητές (ρυπαντές) και θα πρέπει να εξεταστούν διαφορετικά όταν ερευνούμε την παραγωγική διαδικασία (Seiford & Zhu, 2002). Όπως γνωρίζουμε, η κλασική μέθοδος ΠΑΔ επιτρέπει τη μείωση μόνο των εισροών και την αύξηση μόνο των εκροών. Εδώ προσεγγίζουμε την ανάπτυξη μέτρων αποδοτικότητας, επεκτείνοντας την παραδοσιακή μέθοδο ανάλυσης της αποδοτικότητας του Farrell (1957), η οποία περιλαμβάνει την ύπαρξη μη-επιθυμητών προϊόντων κατά την παραγωγική διαδικασία, επιτρέποντας, όμως, ταυτόχρονα την εκτίμηση των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών κανονισμών στις επιδόσεις των επιχειρήσεων. Μάλιστα οι Kuosmanen & Kortelainen (2004) αναπαριστούν την ανάλυση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας όπως στο Σχ. 2.2.

Στη θεωρία παραγωγής υποθέτουμε ότι οι εκροές είναι ισχυρά κατανεμημένες, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε εκροή μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να προκύψει κάποιο κόστος λόγω της μείωσης άλλων εκροών. Όταν, όμως, κάποιες από τις εκροές που παράγονται είναι μη επιθυμητές θα πρέπει να αντιμετωπιστούν μαζί με τις επιθυμητές εκροές μη συμμετρικά σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της κατανομής τους (Zaim & Taskin, 2000). Λόγω, λοιπόν, της αύξησης της περιβαλλοντικής συνείδησης της κοινωνίας, απαιτείται η αντιμετώπιση των μη επιθυμητών εκροών ως ασθενώς κατανεμημένες. Η έννοια της ασθενούς κατανομής σημαίνει ότι η μείωση των μη-επιθυμητών εκροών είναι δαπανηρή και, επομένως, χρειάζεται να μειωθούν ταυτόχρονα και οι επιθυμητές εκροές (Halkos et al., 2016). Καταλήγουμε, επομένως, στο συμπέρασμα ότι πρέπει να μετασχηματιστεί η παραγωγική διαδικασία.

Σχήμα 2.2: Οι βασικές ρυθμίσεις ανάλυσης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2004, σελ. 12)

Τα περισσότερα προβλήματα της μόλυνσης προκύπτουν από την κοινή παραγωγή των μη επιθυμητών εκροών κατά την παραγωγή επιθυμητών εκροών. Για παράδειγμα, η παραγωγή διοξειδίου του θείου είναι αναπόφευκτη όταν έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του άνθρακα. Σύμφωνα με τους Chung & al. (1997), αν θεωρήσουμε ότι $x \in \mathbb{R}^K_+$, $y \in \mathbb{R}^M_+$ και $u \in \mathbb{R}^B_+$, είναι τα διανύσματα των εισροών, των επιθυμητών εκροών και των μη επιθυμητών εκροών, αντίστοιχα, τότε η συνάρτηση παραγωγής θα είναι ένα σύνολο:

$$P(x) = \{(y,u): \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } (y,u)\}.$$

Οι Färe & Grosskopf (2004) ορίζουν την $P(x)$ ως «περιβαλλοντικό σύνολο εξόδου» εάν αυτή είναι ένα οριοθετημένο και κλειστό σύνολο και ικανοποιεί τις παρακάτω δύο ιδιότητες:

P1: Οι εκροές είναι ασθενώς κατανομημένες, δηλ., αν $(y,u) \in P(x)$ και $0 \leq \theta \leq 1$, τότε $(\theta y, \theta u) \in P(x)$.

P2: Οι επιθυμητές και οι μη επιθυμητές εκροές είναι μηδενικά αρθρωμένες (null-joint), δηλ., αν $(y,u) \in P(x)$ και $u=0$, τότε $y=0$.

Η P1 δηλώνει ότι η αναλογική μείωση των επιθυμητών και των μη επιθυμητών εκροών είναι εφικτή, ενώ η P2 δηλώνει ότι ο μοναδικός τρόπος για να εξαλειφθούν όλες οι μη επιθυμητές εκροές είναι να σταματήσει η παραγωγική διαδικασία. Επομένως, είναι τεχνικά και οικονομικά αδύνατο να παραχθούν επιθυμητές εκροές χωρίς την ταυτόχρονη παραγωγή μη-επιθυμητών εκροών.

Συνεχίζοντας, λοιπόν, με την άποψη των Färe & Grosskopf (2004), εάν το περιβαλλοντικό σύνολο εξόδου περιγράφεται στο πλαίσιο της ΠΑΔ, τότε η αντίστοιχη τεχνολογία μπορεί να

ονομασθεί περιβαλλοντική τεχνολογία ΠΑΔ (environmental DEA technology). Υποθέτουμε ότι υπάρχουν $j=1,2,\dots,n$ ΜΛΑ και για μία ΜΛΑ_{*j*} τα παρατηρούμενα δεδομένα στα διανύσματα των εισροών, των επιθυμητών εκροών και των μη επιθυμητών εκροών θα είναι αντίστοιχα $x_j=(x_{1j}, x_{2j},\dots, x_{Kj})$, $y_j=(y_{1j}, y_{2j},\dots, y_{Mj})$ και $u_j=(u_{1j}, u_{2j},\dots, u_{Bj})$. Η περιβαλλοντική τεχνολογία ΠΑΔ σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), όπως προτείνεται από τους Färe et al. (1989) και Zhou et al (2008a) εκφράζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 P(x) = \{(y, u) : & \sum_{j=1}^n z_j x_{kj} \leq x_k, \quad k = 1, 2, \dots, K \\
 & \sum_{j=1}^n z_j y_{mj} \geq y_m, \quad m = 1, 2, \dots, M \\
 & \sum_{j=1}^n z_j u_{bj} = u_b, \quad b = 1, 2, \dots, B \\
 & z_j \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n\}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Η παραπάνω σχέση (8) της περιβαλλοντικής τεχνολογίας ΠΑΔ κατά CRS έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί και εφαρμοστεί τόσο στην αξιολόγηση της βιομηχανικής απόδοσης, όταν υπάρχουν μη επιθυμητές εκροές (Chung et al, 1997) όσο και στη μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης (Tyteca, 1997 και Färe et al., 2004). Μάλιστα, οι Färe et al. (2004) συμβολίζουν την $P(x)$ με την T_e και τονίζουν ότι η T_e παρουσιάζει καλύτερα την πραγματική διαδικασία παραγωγής, όταν οι επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές παράγονται ταυτόχρονα.

Από την άλλη, οι Seiford & Zhu (2002) παρουσιάζουν μια διαφορετική προσέγγιση της ΠΑΔ από αυτήν που προτάθηκε από τους Banker et al. (1984) κατά VRS, σύμφωνα με την οποία οι ταξινομήσεις αποδοτικότητας και μη-αποδοτικότητας να είναι αμετάβλητες στον μετασχηματισμό των δεδομένων (αποδίδεται ως classification invariance, δηλ. αμετάβλητη ταξινόμηση). Βέβαια, διατηρούν και την γραμμικότητα και την κυρτότητα του VRS μοντέλου. Οι Seiford & Zhu (2002) στηρίχθηκαν στη θεώρηση των Ali & Seiford (1990) για να εξηγήσουν την αμετάβλητη ταξινόμηση της ΠΑΔ. Παρακάτω αναπτύσσεται το θεωρητικό αυτό υπόβαθρο.

Θεωρούν ότι ένα data domain (τομέας δεδομένων) της ΠΑΔ αποδίδεται με την εξής μορφή πίνακα: $P = \begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = [P_1, \dots, P_n]$ με $s+m$ γραμμές και n στήλες, όπου κάθε μία στήλη αντιστοιχεί σε μία ΜΛΑ. Η j -οστή στήλη $P_j = \begin{bmatrix} Y_j \\ -X_j \end{bmatrix}$ αποτελείται από το διάνυσμα εισροής x_j

όπου το i -οστό στοιχείο x_{ij} είναι η ποσότητα της εισροής i που χρησιμοποιεί η ΜΛΑ $_j$ και το διάνυσμα εκροής y_j όπου το r -οστό στοιχείο της y_{rj} είναι η ποσότητα της εκροής που χρησιμοποιεί η ΜΛΑ $_j$. Η αποδοτικότητα με βάση το VRS μοντέλο, οριοθετημένο στην εκροή, υπολογίζεται με το ακόλουθο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

$\max h$ έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- = x_o,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j - s^- = h y_o,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = 1,$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \tag{9}$$

Όπου x_o και y_o είναι τα διανύσματα εισροής και εκροής, αντίστοιχα, της υπό εξέταση ΜΛΑ $_o$. Με βάση, λοιπόν, τη θεώρηση των Ali & Seiford η ΜΛΑ $_o$ είναι αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) αν και μόνον αν είναι αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) με μετασχηματισμένα δεδομένα, καθώς και η ΜΛΑ $_o$ είναι μη-αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) αν και μόνον αν είναι μη-αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) με μετασχηματισμένα δεδομένα. Αυτή είναι η περίπτωση της αμετάβλητης ταξινόμησης με την οποία ασχολήθηκαν οι Seiford & Zhu (2002) στη μελέτη τους για να διαχειριστούν τις επιθυμητές και μη-επιθυμητές εκροές.

Υποθέτουν ότι το data domain της ΠΑΔ εκφράζεται με τον πίνακα:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ Y^b \\ -X \end{bmatrix} \tag{10}$$

Όπου τα Y^g και Y^b εκφράζουν, αντίστοιχα, τις επιθυμητές (good) και τις μη-επιθυμητές (bad) εκροές. Στόχος είναι να αυξηθεί το Y^g και να μειωθεί το Y^b για τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Στο κλασικό μοντέλο VRS (εξισ. 9) για τη βελτίωση της αποδοτικότητας θα πρέπει να αυξηθούν και τα δύο Y^g και Y^b . Σε αυτό ακριβώς το σημείο οι Färe et al. (1989) μετέτρεψαν

την (9) με σκοπό να αυξήσουν το Y^g και να μειώσουν το Y^b στο ακόλουθο πρόβλημα μη-γραμμικού προγραμματισμού.

$\max h$ έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- = x_o,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g - s^+ = h y_o^g,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^b - s^+ = \frac{1}{h} y_o^b,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = 1,$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \tag{11}$$

Βασίζομενοι στην αμετάβλητη ταξινόμηση οι Seiford & Zhu (2002) εισήγαγαν ένα διαφορετικό μοντέλο της (11) που όμως διατηρεί την κυρτότητα και την γραμμικότητα της ΠΑΔ. Πρώτα πολλαπλασίασαν κάθε μη-επιθυμητή εκροή με το -1 και μετά βρήκαν ένα κατάλληλο μετασχηματισμένο διάνυσμα w , μετατρέποντας έτσι όλες τις αρνητικές μη-επιθυμητές εκροές σε θετικές. Τότε το data domain της ΠΑΔ γίνεται:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ \bar{Y}^b \\ -X \end{bmatrix} \tag{12}$$

όπου η j -οστή στήλη της μετασχηματισμένης, πλέον, μη-επιθυμητής εκροής θα είναι τώρα $\bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0$.

Βασίζομενοι στην (12) το μοντέλο (9) μετατρέπεται στο ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα:

$\max h$ έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g \geq h y_o^g,$$

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^b &\geq h \bar{y}_o^b, \\
\sum_{j=1}^n z_j x_j &\leq x_o, \\
\sum_{j=1}^n z_j &= 1, \\
z_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n.
\end{aligned} \tag{13}$$

Σημειώνουν ότι, όπως το γραμμικό μοντέλο (11) της ΠΑΔ, έτσι και η (13) αυξάνει τις επιθυμητές εκροές και μειώνει τις μη-επιθυμητές.

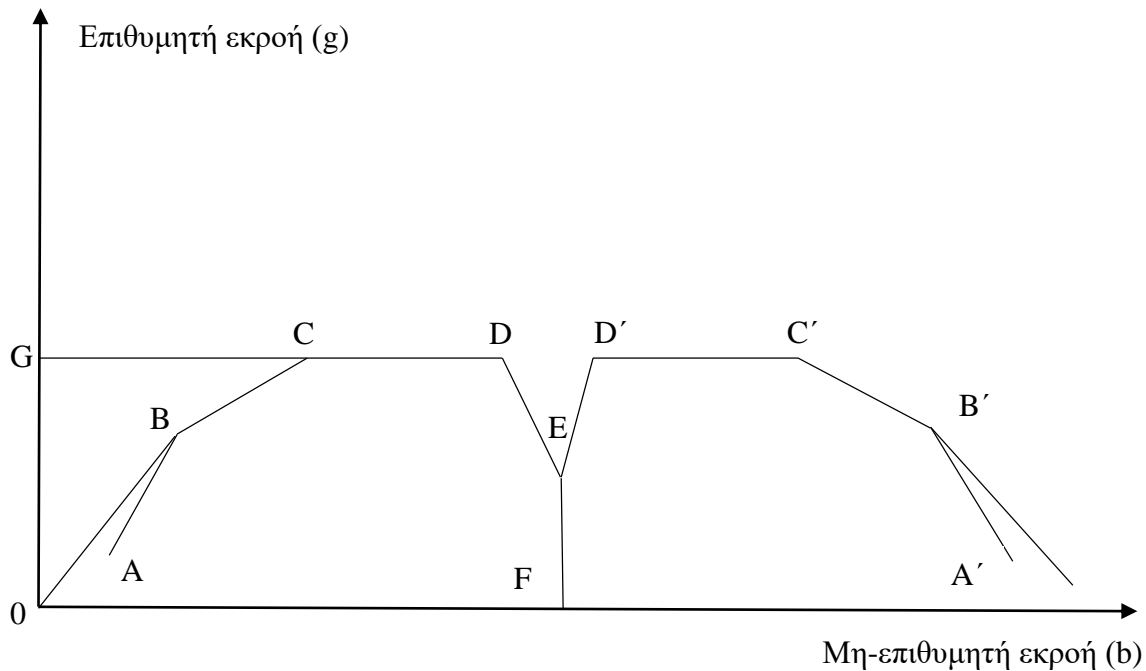
Επίσης, λαμβάνεται υπόψη το εξής θεώρημα: Δοθέντος ενός μετασχηματισμένου διανύσματος w , με την υπόθεση ότι h^* είναι η βέλτιστη τιμή της (13), θα ισχύει $h^* \bar{y}_o^b \leq w$. Με βάση το παραπάνω θεώρημα η βελτιστοποίηση της μη-επιθυμητής εκροής της $y_o^b (= w - h^* \bar{y}_o^b)$ δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές.

Συνεχίζοντας, οι Seiford & Zhu (2002) αναφέρουν ότι υπάρχουν τουλάχιστον πέντε τρόποι να ασχοληθεί κανείς με τις μη-επιθυμητές εκροές σε ένα μοντέλο ΠΑΔ-VRS. Στο σχ. 2.2 αποτυπώνονται οι τρεις μέθοδοι που αναπτύσσουν οι Seiford & Zhu (2002) για να αντιμετωπιστούν οι μη-επιθυμητές εκροές. Αυτές είναι: α) να αντιμετωπίσουν τις μη-επιθυμητές ως εκροές και να προσαρμόσουν τη μέτρηση της απόστασης, έτσι ώστε να περιορίσουν την επέκτασή τους, β) να αντιμετωπίσουν τις μη-επιθυμητές εκροές σαν εισροές (γεγονός που, κατά τη γνώμη τους, παραβιάζει την πραγματική διαδικασία παραγωγής) και γ) να εφαρμόσουν έναν μονοτονικό φθίνοντα μετασχηματισμό των μη-επιθυμητών εκροών (δηλ. $1/y^b$) και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν αυτές τις προσαρμοσμένες μεταβλητές σαν εκροές.

Στο σχ. 2.3 οι πέντε ΜΛΑ (A, B, C, D και E) χρησιμοποιούν ίση εισροή για να παράγουν μία επιθυμητή εκροή (g) και μία μη-επιθυμητή εκροή (b). Η περιοχή OGCDEF είναι το συμβατικό σύνολο εκροής, σύμφωνα με το οριοθετημένο ως προς την εκροή VRS μοντέλο (9). Υποθέτοντας ασθενή κατανομή της μη-επιθυμητής εκροής, τότε το σύνολο της εκροής είναι η περιοχή OBCDEF στην οποία επιτρέπεται μια εφικτή ακτινική συστολή απ' ό,τι μια εφικτή κάθετη επέκταση. Και αν αντιμετωπίσουμε την μη-επιθυμητή εκροή σαν εισροή, τότε η περιοχή ABCD γίνεται το όριο. Για τη μέθοδο (γ) με ένα κατάλληλο μετασχηματισμένο διάνυσμα μπορούμε να περιστρέψουμε το σύνολο της εκροής στο EF και να πετύχουμε μια

συμμετρική περιοχή. Σε αυτή, λοιπόν, την περίπτωση οι ΜΛΑ A' , B' και C' , που είναι τα προσαρμοσμένα σημεία των A , B και C , είναι αποδοτικές.

Σχήμα 2.3: Διαχείριση της μη-επιθυμητής εκροής



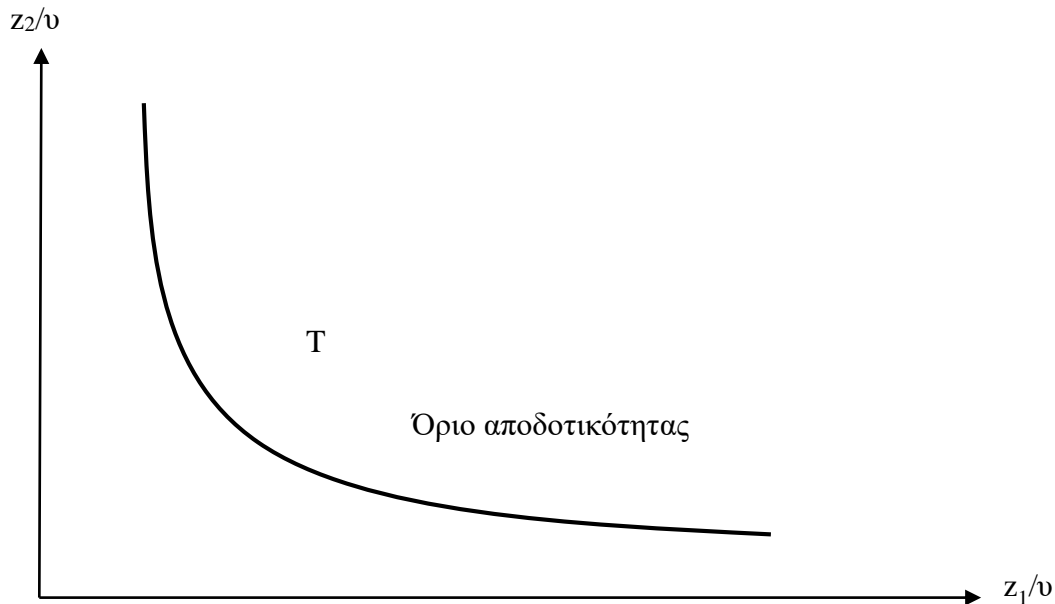
(Πηγή: Seiford & Zhu 2002, σελ.19)

Στη συνέχεια, οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) εξετάζουν πώς η μέθοδος της ΠΑΔ μπορεί να εφαρμοστεί για τη δημιουργία ενός και μόνον περιβαλλοντικού δείκτη για τη μέτρηση της eco-efficiency, μέσω της συγκέντρωσης των περιβαλλοντικών πιέσεων. Εστιάζουν ρητά στην οικονομική προστιθέμενη αξία και στις περιβαλλοντικές πιέσεις, χωρίς άμεση προσφυγή σε φυσικές εισροές και εκροές. Επομένως, η προσέγγισή τους είναι να εφαρμόσουν την ΠΑΔ στο πρόβλημα της μέτρησης της eco-efficiency, όπως παρουσιάζεται στα πλαίσια της οικολογικής οικονομίας και της βιομηχανικής οικολογίας, ενώ η βιβλιογραφία που αφορά στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα ενσωματώνει άμεσα τις φυσικές εκπομπές ως εισροές ή εκροές στο κλασικό μοντέλο της ΠΑΔ.

Ορίζουν, λοιπόν, την οικονομική προστιθέμενη αξία της παραγωγικής δραστηριότητας ως v , υποθέτοντας ως γνωστή την οικονομική αξία ή άμεσα υπολογίσιμη από τα δεδομένα. Επίσης, υποθέτουν ότι η εξεταζόμενη παραγωγική δραστηριότητα προκαλεί M διαφορετικές περιβαλλοντικές πιέσεις, των οποίων το βάρος μετριέται με τις μεταβλητές $z=(z_1, \dots, z_m)$ και για λόγους απλοποίησης πρέπει να είναι επιβλαβείς, δηλ. $z > 0$. Για να χαρακτηρίσουν τη

δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ των περιβαλλοντικών πιέσεων εισάγουν την τεχνολογία που δημιουργεί τη ρύπανση ως $T = \{(v, z) \in \mathbb{R}_+^{1+M} \mid \text{η προστιθέμενη αξία } v \text{ μπορεί να δημιουργηθεί με τη βλάβη } z\}$, η οποία περικλείει όλους τους δυνατούς τεχνικά και οικονομικά εφικτούς συνδυασμούς των v και z .

Σχήμα 2.4: Το σύνολο της τεχνολογίας T και το όριο αποδοτικότητάς της



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2005, σελ.63 – περίπτωση input-oriented)

Έπειτα, προτείνουν να θεωρηθεί μια μονάδα παραγωγής ως αποδοτική αν και μόνον αν είναι αδύνατον να μειωθεί οποιαδήποτε περιβαλλοντική πίεση χωρίς την ταυτόχρονη αύξηση μιας άλλης ή μείωση της προστιθέμενης αξίας. Το σύνολο, επομένως, όλων των αποδοτικών δραστηριοτήτων αποτελούν το γνωστό αποτελεσματικό όριο του T . Στο σχήμα 2.4 απεικονίζεται αυτό το σύνολο T και το όριό του (καμπύλη T). Οι άξονες x, y αντιπροσωπεύουν τις ποσότητες δύο περιβαλλοντικών πιέσεων και τα σημεία πάνω από την καμπύλη T δεν είναι eco-efficient.

Επεκτείνοντας την παραπάνω θεώρηση, οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) εκφράζουν την eco-efficiency μιας μονάδας n ως τον λόγο $EE_n = \frac{V_n}{D(Z_n)}$, όπου V_n = η οικονομικά προστιθέμενη αξία, Z_n = οι περιβαλλοντικές πιέσεις μιας μονάδας n ($n=1, \dots, N$) και D = η ζημιόγωνα λειτουργία που συγκεντρώνει τις περιβαλλοντικές πιέσεις M σε ένα ενιαίο σκορ περιβαλλοντικής ζημιάς. Για να κατασκευάσουν έναν συνολικό δείκτη eco-efficiency χρησιμοποιούν μια γραμμική προσέγγιση των D και ένα σταθμισμένο άθροισμα των διαφορών

περιβαλλοντικών πιέσεων, δηλ. $D(z) = w_1z_1 + w_2z_2 + \dots + w_Mz_M$, όπου w_m ($m=1, \dots, M$) αντιπροσωπεύει το βάρος που αποδίδεται στην περιβαλλοντική πίεση m .

Για την αντικειμενική στάθμιση των βαρών χρησιμοποιούν τη μέθοδο της ΠΑΔ η οποία ταυτοποιεί τα βάρη που μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της εκτιμώμενης μονάδας ή δραστηριότητας σε σύγκριση με μια ομάδα παρόμοιων μονάδων ή δραστηριοτήτων. Υπολογίζουν, έτσι, την eco-efficiency μιας δραστηριότητας n με την εξίσωση:

$$\begin{aligned} \max_w EE_n &= \frac{V_n}{w_1Z_{n1} + w_2Z_{n2} + \dots + w_MZ_{nM}} \\ \text{όπου } \frac{V_1}{w_1Z_{11} + w_2Z_{12} + \dots + w_MZ_{1M}} &\leq 1, \frac{V_2}{w_1Z_{21} + w_2Z_{22} + \dots + w_MZ_{2M}} \leq 1, \dots, \\ \frac{V_N}{w_1Z_{N1} + w_2Z_{N2} + \dots + w_MZ_{NM}} &\leq 1 \text{ και } w_1, w_2, \dots, w_M \geq 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Η βέλτιστη λύση σε αυτό το πρόβλημα προσδιορίζει τα βάρη w_m ($m=1,2,\dots,M$) τα οποία μεγιστοποιούν το λόγο της eco-efficiency της εξεταζόμενης δραστηριότητας n . Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1, όπου οι υψηλές τιμές υποδεικνύουν καλή απόδοση με μέγιστη τιμή το 1, δηλ. η εξεταζόμενη δραστηριότητα θεωρείται πλήρως αποδοτική (σύμφωνα με τον ορισμό της αποδοτικότητας).

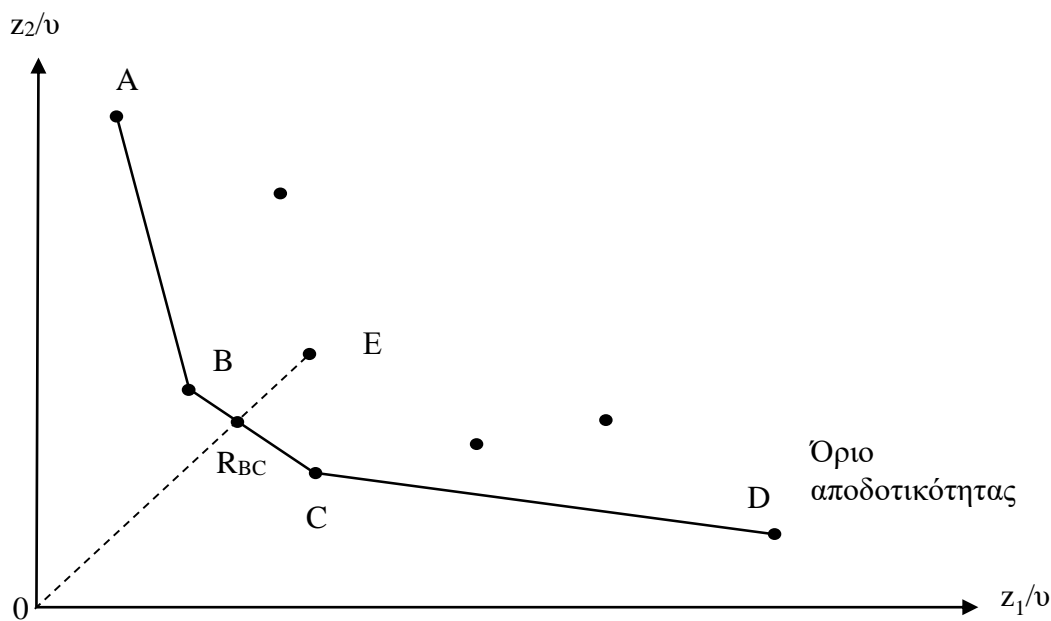
Όμως, επειδή η παραπάνω διατύπωση απαιτεί την επίλυση ενός απαιτητικού υπολογιστικού κλασματικού προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, λαμβάνει τον αντίστροφο λόγο της eco-efficiency για να το ευθυγραμμίσει επιλύοντας το αμοιβαίο πρόβλημα. Έτσι, παίρνουμε την εξίσωση:

$$\begin{aligned} \min_w EE_n^{-1} &= w_1 \frac{Z_{n1}}{V_n} + w_2 \frac{Z_{n2}}{V_n} + \dots + w_M \frac{Z_{nM}}{V_n} \\ \text{όπου } w_1 \frac{Z_{11}}{V_1} + w_2 \frac{Z_{12}}{V_1} + \dots + w_M \frac{Z_{1M}}{V_1} &\geq 1, w_1 \frac{Z_{21}}{V_2} + w_2 \frac{Z_{22}}{V_2} + \dots + w_M \frac{Z_{2M}}{V_2} \geq 1, \dots, \\ w_1 \frac{Z_{N1}}{V_N} + w_2 \frac{Z_{N2}}{V_N} + \dots + w_M \frac{Z_{NM}}{V_N} &\geq 1 \text{ και } w_1, w_2, \dots, w_M \geq 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Από την εξίσωση (15) προκύπτει ότι το πρόβλημα αυτό είναι γραμμικό από την άποψη του άγνωστου βάρους w_M και μπορεί να λυθεί με γραμμικό προγραμματισμό. Έτσι, μετράται η eco-efficiency με τη μέθοδο ΠΑΔ, όπου εξετάζεται ως η απόσταση από το όριο T και μετρά την αποδοτικότητα σε σχέση με την βέλτιστη πρακτική στο δείγμα. Αυτό απεικονίζεται στο σχήμα 2.5.

Για την αποτύπωση του σχ. 2.5 υποθέτουν ότι έχουν δύο επιζήμιες περιβαλλοντικές πιέσεις (z_1 , z_2) που δημιουργούνται στην παραγωγή και οι άξονες x, y δείχνουν την πίεση ανά μονάδα της οικονομικής προστιθέμενης αξίας, δηλ. z_1/V και z_2/V . Η καμπύλη AD αντιπροσωπεύει το εκτιμώμενο όριο της τεχνολογίας των βέλτιστων πρακτικών και όλα τα σημεία της, εκτός του R_{BC} , αντιπροσωπεύουν ξεχωριστές δραστηριότητες παραγωγής. Υποθέτουν ότι αξιολογούν την αποδοτικότητα της παραγωγικής μονάδας E . Αυτό μπορεί να γίνει με τη μέτρηση της ακτινικής απόστασης από το σημείο E στο σημείο αναφοράς R_{BC} που βρίσκεται πάνω στο όριο όπου και οι δύο περιβαλλοντικές πιέσεις μειώνονται σε ίσες αναλογίες. Η eco-efficiency δίνεται από τον λόγο $EE = |OR_{BC}|/|OE|$, όπου $|OR_{BC}|$ και $|OE|$ αντιπροσωπεύουν, αντίστοιχα, τα μήκη των γραμμών OR_{BC} και OE . Επειδή ο λόγος των τριών αποστάσεων είναι μικρότερος του 1, η παραγωγική μονάδα E θεωρείται ως μη αποδοτική. Σημειώνεται ότι οι B και C αντιπροσωπεύουν τις μονάδες ορόσημο (benchmarks) της δραστηριότητας E .

Σχήμα 2.5: Ακτινική μέτρηση στο όριο της eco-efficiency με τη μέθοδο της ΠΑΔ



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2005, σελ.66 – περίπτωση input-oriented)

Έχοντας, λοιπόν, υπόψη το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε στο παρόν κεφάλαιο προχωρούμε στα επόμενα δύο κεφάλαια που ασχολούνται με την έρευνά μας. Αρχικά, παρουσιάζουμε τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, στη συνέχεια παρατίθενται τα προτεινόμενα μοντέλα που έγινε η εφαρμογή της ΠΑΔ και, τέλος, αναλύονται τα αποτελέσματα, γίνονται οι κατάλληλες συγκρίσεις και διεξάγονται τα συμπεράσματά μας.

Κεφάλαιο 3

Δεδομένα έρευνας

3.1 Μεταβλητές – Περιγραφικά χαρακτηριστικά

Στην παρούσα εργασία υπολογίζουμε την περιβαλλοντική αποδοτικότητα και την eco-efficiency των χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014 με τη χρήση της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, μιας μη παραμετρικής μεθόδου. Εστιάζουμε, επίσης, και στο χρονικό διάστημα 2007-2012 πώς διαμορφώθηκαν οι τιμές, καθώς και στα διαστήματα πριν και μετά, δηλ. 1991-2007 και 2012-2014, με σκοπό να εξακριβώσουμε τη συμμόρφωση των χωρών που συμφώνησαν στη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα μετά την επικύρωση της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο. Η περίοδος 2008-2012 έχει οριστεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο ως η πρώτη δεσμευτική περίοδος για τα συμβαλλόμενα μέρη του Annex 1 (παράρτημα Α), με σκοπό την επίτευξη των δεσμεύσεών τους για μείωση και περιορισμό των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (GreenHouse Gases, GHGs) (Unfccc, 2009)³.

Πρώτα, όμως, για να εφαρμόσουμε την ΠΑΔ χρειάζεται να γίνουν κάποια συγκεκριμένα βήματα. Πρέπει, λοιπόν, να καθορίσουμε τις Μονάδες Λήψης Αποφάσεων που θα ερευνήσουμε, τις εισροές και τις εκροές του μοντέλου μας, τον προσανατολισμό του (input-oriented ή output-oriented), τις αποδόσεις κλίμακας (CRS ή VRS) και, τέλος, το λογισμικό που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι ΜΛΑ που θα μελετήσουμε είναι χώρες που ανήκουν στην ομάδα των G-20. Αυτές είναι χώρες με διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (δηλαδή, είναι ανεπτυγμένες, αναπτυσσόμενες και αναδυόμενες χώρες) που αντιπροσωπεύουν από κοινού το 90% του παγκόσμιου ΑΕΠ, το 80% του ΑΕΠ του παγκόσμιου εμπορίου και τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι είναι υπεύθυνες για την παραγωγή της πλειοψηφίας των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς, και για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την επιβολή παγκόσμιων περιβαλλοντικών πολιτικών.

Η G-20 είναι ένα διεθνές φόρουμ για τις κυβερνήσεις και τους διοικητές των κεντρικών τραπεζών από τις 20 μεγαλύτερες οικονομίες. Τα μέλη της περιλαμβάνουν 19 επιμέρους χώρες: Αργεντινή, Αυστραλία, Βραζιλία, Γαλλία, Γερμανία, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Ηνωμένο

³ Το Πρωτόκολλο του Κιότο έθεσε κάποιους στόχους, για την πρώτη δεσμευτική περίοδο 2008-2012, που αφορούν τη μείωση των έξι κύριων αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα: CO₂, μεθάνιο: CH₄, οξείδιο του αζώτου: N₂O), Υδροφθοράνθρακες: HFC, υπερφθοράνθρακες: PFCs και εξαφθοριούχο θείο: SF₆) και με τους οποίους θα πρέπει να συμμορφωθούν οι χώρες που το έχουν υπογράψει. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στην ιστοσελίδα http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php.

Βασίλειο, Ιαπωνία, Ιταλία, Ινδονησία, Καναδά, Κίνα, Μεξικό, Νότια Αφρική, Νότια Κορέα, Ρωσία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Η ΕΕ εκπροσωπείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και από την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα⁴.

Στην εργασία μας εξετάστηκαν οι 18 από τις 19 χώρες. Εξαιρέθηκε η Ρωσία διότι δεν υπήρχαν στοιχεία για όλες τις χρονιές για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, καθώς και η Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία αποτελεί μία πολιτική και οικονομική ένωση ευρωπαϊκών κρατών. Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις απαιτούμενες εισροές και εκροές (επιθυμητές και μη επιθυμητές), όπως έχουν χρησιμοποιηθεί και σε μελέτες που προαναφέρθηκαν.

Οι εισροές που χρησιμοποιήθηκαν είναι το κεφάλαιο (capital stock), η εργασία (labor) και η χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use). Οι πίνακες 3.1, 3.2, 3.3 παρουσιάζουν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (Mean: μέσος όρος, Std: τυπική απόκλιση, Max: μέγιστη τιμή ανά έτος και Min: ελάχιστη τιμή ανά έτος) των τριών μεταβλητών, αντίστοιχα.

Όσον αφορά το κεφάλαιο είναι μετρημένο σε εκατομμύρια δολάρια Αμερικής για το έτος 2011. Την εισροή κεφάλαιο τη συναντούμε σε πολλές μελέτες στη βιβλιογραφία (Färe et al., 1989, 1996, 2004 • Zaim & Taskin, 2000 • Picazo-Tadeo et al., 2005 • Picazo-Tadeo & García-Reche, 2007 • Halkos & Tzeremes, 2009).

Πίνακας 3.1: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής κεφάλαιο (capital stock)

Capital stock	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Mean	4193399	4338266	4577422	4855237	5174652	5412420
Std	5989992	6050347	6236240	6459418	6723630	6912544
Min	489520,9	559911,3	609750,8	622020,4	642393,8	656457,9
Max	26586270	26769574	27514982	28433732	29573488	30426092

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

Capital stock	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mean	5591927	5791305	5988310	6224340	6415767	6573314
Std	7137788	7433000	7772257	8158897	8505783	8800046
Min	675317,2	699458,7	718306,3	737787	756153,6	775340,3
Max	31494458	32851262	34374992	35997032	37382932	38467564

⁴ Για περαιτέρω πληροφορίες ανατρέξτε στην ιστοσελίδα <http://www.g20.org>.

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

Capital stock	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mean	6907035	7501289	8277502	9184507	9987290	10685703
Std	9166917	9734044	10499396	11297612	11840250	12260521
Min	801470,6	848315,7	913679,1	1046180	1182001	1337760
Max	39839628	42071616	45051164	47891040	49404728	50006724

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

Capital stock	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	11218472	11929110	12999925	13746660	14606311	15555801
Std	12553356	13080223	13995908	14950027	16215321	17731326
Min	1486557	1674226	1863172	1942274	2041532	2148251
Max	49243108	48876336	49279028	54610668	61477376	69379696

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι την πρώτη θέση για τη μεταβλητή κεφάλαιο (Max) κατέχουν οι ΗΠΑ από το 1991 έως το 2011 και η Κίνα από το 2012 έως το 2014. Στην τελευταία θέση (Min) έρχονται η Αργεντινή για τα έτη 1991, 1992 και 2011-2014 και η Νότια Αφρική για το διάστημα 1993-2010. Τέλος, η τυπική απόκλιση (Std) είναι μεγάλη και άρα οι τιμές των δεδομένων απέχουν πολύ από τον μέσο όρο του δείγματος (Mean).

Η μεταβλητή εργασία αφορά τον συνολικό αριθμό των απασχολούμενων ατόμων σε μια χώρα και είναι μετρημένη σε εκατομμύρια. Τη μεταβλητή αυτή την συναντούμε σε πολλές μελέτες, όπως των Färe et al. (1989, 1996, 2004), Tyteca (1997), Zaim & Taskin (2000), Zofio and Prieto (2001), Picazo-Tadeo et al. (2005), Picazo-Tadeo & García-Reche (2007), Zhou et al. (2007), Halkos & Tzeremes (2009) και Rashidi & Saen (2015).

Πίνακας 3.2: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής εργασία (labor)

Labor	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Mean	85,3484	86,3383	87,2477	88,6066	89,6595	90,9375
Std	159,9251	162,0157	164,0812	166,0551	168,057	170,3011
Min	4,9078	5,1217	5,2710	5,4584	5,5351	5,5691
Max	651,2	658,215	664,8	671,315	677,6	685,075

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

Labor	1997	1998	1999	2000	2001	2002
--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Mean	92,4625	93,7468	95,2569	96,7057	98,4939	100,3327
Std	172,8339	175,378	177,7998	180,1154	183,8708	187,3712
Min	5,5955	5,6149	5,8209	6,1019	6,3301	6,6139
Max	693,85	702,285	710,155	717,395	725,55	733,825

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

Labor	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mean	102,12	104,586	105,7106	106,7105	107,78508	108,34418
Std	190,8401	194,9874	196,6327	197,5549	198,67346	199,23084
Min	6,9668	7,3673	7,7483	8,0662	8,45744	8,82727
Max	740,86	748,16	755,125	761,125	766,95001	772,34998

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

Labor	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	108,3513	109,43238	110,3268	111,39234	112,67284	113,67184
Std	200,17685	201,03144	201,82057	202,82254	204,49844	206,47345
Min	9,0975	9,47162	9,81919	10,21856	11,06577	11,46188
Max	777,375	781,37677	784,42694	788,87079	793,02228	798,3678

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι την πρώτη θέση για τη μεταβλητή εργασία για όλα τα έτη καταλαμβάνει η Κίνα, ενώ στην τελευταία θέση για όλα τα χρόνια βρίσκεται η Σαουδική Αραβία. Η τυπική απόκλιση, και εδώ, είναι πολύ μεγάλη και βλέπουμε τη μέση απόκλιση των παρατηρήσεων από το μέσο όρο του δείγματος να είναι πολύ μεγάλη.

Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια αφορά τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας πριν από τη μετατροπή της σε άλλα καύσιμα τελικής χρήσης, η οποία ισούται με την εγχώρια παραγωγή συν τις εισαγωγές και τις μεταβολές των αποθεμάτων, μείον τις εξαγωγές και τα καύσιμα που παρέχονται σε πλοία και αεροσκάφη που εκτελούν διεθνείς μεταφορές και είναι μετρημένη σε κιλά (kg) πετρελαίου ισοδύναμου ανά κάτοικο. Ομοίως, τη μεταβλητή της χρησιμοποιούμενης ενέργειας την συναντούμε σε πολλές μελέτες, όπως των Färe et al. (1989, 2004), Picazo-Tadeo & García-Reche (2007) και Zhou et al. (2008a).

Πίνακας 3.3: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use)

Energy use	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Mean	2978,3727	3005,7713	3057,8812	3088,7267	3141,8181	3232,3837
Std	2195,5439	2217,1901	2241,8380	2266,7317	2263,4943	2306,8635

Min	358,6619	364,3951	365,8344	372,5646	386,471	390,8078
Max	7631,4678	7677,4014	7730,4866	7926,8392	7965,8468	8036,7133

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

Energy use	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mean	3231,3661	3224,8986	3261,7211	3314,3623	3285,2187	3305,2456
Std	2286,0893	2277,6595	2311,7006	2352,7069	2299,2302	2312,4752
Min	398,7705	400,8788	416,374	418,6843	417,382	422,6273
Max	8034,4148	7924,0309	8081,487	8242,5247	8040,5389	7993,3897

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

Energy use	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mean	3354,5806	3423,5193	3429,0733	3459,0615	3472,0183	3493,9452
Std	2325,8451	2337,7677	2312,0162	2282,4172	2280,6329	2276,7053
Min	425,6328	441,0648	451,1383	467,5458	486,5505	503,0356
Max	8332,9239	8441,1849	8404,2459	8240,1156	8213,6635	8195,2123

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

Energy use	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	3392,2287	3500,9346	3441,4503	3448,2355	3415,372	3419,976
Std	2189,518	2234,4008	2191,4372	2186,2802	2142,6756	2200,5802
Min	546,1767	563,1593	579,4087	600,4432	606,8743	637,4286
Max	7797,1963	7788,4726	7910,7594	7725,3283	7727,7568	7874,052

Όπως παρατηρούμε από τον ανωτέρω πίνακα οι ΗΠΑ κατέχουν την πρώτη θέση για την μεταβλητή της χρησιμοποιούμενης ενέργειας για τα έτη 1991, 1992, ενώ για όλα τα υπόλοιπα έτη από το 1993 έως το 2014 την καταλαμβάνει ο Καναδάς. Αντίθετα, στην τελευταία θέση βρίσκεται η Ινδία για όλο το χρονικό διάστημα των εξεταζόμενων ετών. Και σε αυτή την μεταβλητή οι τιμές απέχουν σημαντικά από το μέσο όρο.

Ως επιθυμητή εκροή χρησιμοποιήθηκε το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) (Gross Domestic Product: GDP) το οποίο εκφράζει το συνολικό εισόδημα και τη συνολική δαπάνη μιας χώρας από την παραγόμενη ποσότητα αγαθών και υπηρεσιών και είναι μετρημένο σε εκατομμύρια δολάρια Αμερικής για το έτος 2011. Μάλιστα, το ΑΕΠ είναι ένα από τα πιο συχνά εφαρμοζόμενα κριτήρια στην μακροοικονομική (Rashidi & Saen, 2015). Επιπρόσθετα, οι (Färe et al., 2004) αναφέρουν ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του ΑΕΠ και του CO₂ και πολλές

μελέτες χρησιμοποίησαν αυτές τις δύο μεταβλητές για να μετρήσουν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα και την eco-efficiency, όπως οι Zaim and Taskin (2000), Zhou et al. (2006, 2007, 2008a), Halkos & Tzeremes (2009, 2013), Picazo-Tadeo et al. (2014) και Rashidi & Saen (2015). Στη συνέχεια, παραθέτονται στον πίνακα 3.4 τα περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής ΑΕΠ.

Πίνακας 3.4: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής ΑΕΠ (GDP)

GDP	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Mean	1605274,17	1673804,26	1741951,82	1822368,01	1919579,27	2013792,86
Std	2094434,94	2176552,14	2246755,34	2341382,85	2422285,2	2504993,68
Min	235515,266	277855,781	311703,563	318361,031	323307,125	349296,094
Max	9171585	9509170	9786068	10205495	10501270	10926444

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

GDP	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mean	2089853,34	2121348,49	2198236,37	2301396,47	2344657,91	2402110,16
Std	2616142,2	2725927,36	2852820,23	2971401,03	3012512,66	3088682,72
Min	352066,375	322996,469	362481,719	391348,469	403900,406	421078,188
Max	11437019	11956923	12510232	13031820	13127311	13309916

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

GDP	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mean	2480026,38	2614128,98	2773027,05	2913624,16	3078980,01	3183180,59
Std	3202529,92	3355413,65	3502259,91	3643544,11	3780690,76	3795589,28
Min	444048,188	468739,313	504292,438	540752,375	571764	582816,813
Max	13679334	14204685	14683344	15083465	15359941	15305872

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

GDP	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	3174455,43	3406981,01	3616175,13	3750501,01	3878701,26	4031626,31
Std	3840127,8	4051218,73	4235351,18	4456830,79	4645169,09	4908490,48
Min	564723	585953,063	618362,813	627725,188	640491,75	651267,125
Max	14844276	15250698	15517930	15899255	16183547	17135952

Στον πίνακα 3.4 βλέπουμε ότι οι ΗΠΑ είναι αυτές που παρουσιάζουν το υψηλότερο ΑΕΠ για όλα τα έτη, πλην του 2014 όπου εμφανίζεται πρώτη η Κίνα. Από την αντίθετη πλευρά το χαμηλότερο ΑΕΠ εμφανίζουν η Αργεντινή για τα έτη 1991, 1992, 2002, η Νότια Αφρική για

τα έτη 1993, 2000, 2003-2014 και η Σαουδική Αραβία για το χρονικό διάστημα 1994-1999 και το 2001. Και σε αυτή τη μεταβλητή η τυπική απόκλιση εμφανίζεται μεγάλη.

Ακολούθως, ως μη επιθυμητή εκροή χρησιμοποιήθηκαν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) οι οποίες προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή τσιμέντου. Περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την κατανάλωση στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων και καύσης αερίου. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το μείζων αέριο που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Rashidi & Saen, 2015) και το μερίδιό του μεταξύ των κύριων έξι αερίων του φαινομένου ανέρχεται σε ποσοστό 56% (Wang et al., 2013). Σύμφωνα με τους Färe et al. (2004) είναι υπεύθυνο για το 60% της αύξησης της ακτινοβολιακής έντασης και ο κύριος υπαίτιος για την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, ενώ δημιουργεί μεγάλο κίνδυνο μέσω των πιθανών επιπτώσεών του στο παγκόσμιο κλίμα, τη στάθμη της θάλασσας κ.λπ. (Zofio & Prieto, 2001). Μάλιστα, με βάση διαφορετικές έρευνες εάν δεν δραστηριοποιηθούμε η θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί κατά 1.8C° μέχρι το 2050 αυξάνοντας την ερημοποίηση της γης και μειώνοντας παράλληλα την επίγεια επιφάνεια (Zofio & Prieto, 2001). Οι μελέτες στις οποίες συναντούμε αυτή τη μεταβλητή είναι των Färe et al. (1996, 2004), Tyteca (1997), Zaim & Taskin (2000), Zofio and Prieto (2001), Zhou et al. (2006, 2007, 2008a), Halkos & Tzeremes (2013), Picazo-Tadeo et al. (2014) και Rashidi & Saen (2015). Παρακάτω στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στοιχεία για τη μεταβλητή CO₂.

Πίνακας 3.5: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

CO ₂	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Mean	777558,421	792806,419	815656,311	837232,124	859323,354	892256,477
Std	1158699,85	1187073,72	1226141,57	1257072,38	1292083,21	1326156,97
Min	117098,311	121352,031	117927,053	122408,127	127963,632	135000,605
Max	4820847,22	4909533,61	5028674,44	5094354,08	5132919,92	5252112,09

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

CO ₂	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mean	902632,05	891885,499	906618,079	937269,921	938950,833	963616,501
Std	1348038,9	1339496,22	1357481,56	1399586,7	1388008,7	1437301,12
Min	138003,878	139815,376	146984,361	142136,587	133720,822	124714,67
Max	5368715,35	5401010,62	5504669,38	5693684,89	5595794,33	5641309,13

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

CO ₂	2003	2004	2005	2006	2007	2008
-----------------	------	------	------	------	------	------

Mean	1016066,42	1074816,24	1115958,35	1157465,53	1198669,16	1234025,77
Std	1528193,51	1636102,4	1744380,93	1833041,19	1933387,86	2001937,47
Min	135062,944	157589,325	162110,736	175436,614	175176,257	189107,19
Max	5675701,93	5756075,23	5896957,71	6529291,52	7030797,77	7553070,25

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

CO2	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	1234128,65	1297607,47	1360831,65	1386462,55	1393423,94	1409039,66
Std	2049708,47	2212448,48	2393593,3	2438647,75	2494063,6	2513734,34
Min	179961,692	187919,082	191633,753	192356,152	189851,591	204024,546
Max	8001008,97	8776040,42	9733538,12	10028573,9	10258007,1	10291926,9

Από τα στοιχεία του πίνακα 3.5 οι χώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ είναι οι ΗΠΑ και η Κίνα για τα χρονικά διαστήματα 1991-2004 και 2005-2014, αντίστοιχα. Από την άλλη η Αργεντινή είναι αυτή που εμφανίζει τις λιγότερες εκπομπές CO₂. Και σε αυτή τη μεταβλητή παρατηρείται μεγάλη απόκλιση των τιμών από το μέσο όρο.

Επιπρόσθετα, εισάγουμε άλλη μια εκροή η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ενός μοντέλου που θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα. Αυτή η εκροή είναι μια μετασχηματισμένη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα (την ονομάζουμε CO₂ transformed), ακολουθώντας τη θεώρηση των Seiford & Zhu (2002). Η συγκεκριμένη μεταβλητή για κάθε χώρα ανά έτος υπολογίστηκε ως το άθροισμα της μέγιστης τιμής του πραγματικού CO₂ από το σύνολο των χωρών συν το γινόμενο -1 επί την τιμή του πραγματικού CO₂ της κάθε χώρας συν την τιμή 1. Τέλος, σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι πηγές των δεδομένων της έρευνας. Οι δύο εισροές (κεφάλαιο και εργασία) και η επιθυμητή εκροή (ΑΕΠ) ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων του PennWorld Tables⁵. Η τρίτη εισροή (χρησιμοποιούμενη ενέργεια) και η μη επιθυμητή εκροή (εκπομπές CO₂) ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων του WorldBank Group⁶. Αναλυτικά όλες οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται σε πίνακες στο παράρτημα Β.

3.2. Το μοντέλο

Οι αποδόσεις κλίμακας που επιλέχθηκαν είναι οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS). Σύμφωνα με τους Picazo-Tadeo (2012) για την ανάλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων η πιο

⁵ Τα δεδομένα ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>.

⁶ Τα δεδομένα ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>.

κατάλληλη παραδοχή είναι αυτή των σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Γενικά, οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας είναι μια πολύ κοινή παραδοχή στην οικονομική θεωρία (Zelenyuk & Zheka, 2006). Μάλιστα οι Zelenyuk & Zheka (2006), Shiu & Zelenyuk (2011) και Zelenyuk & Zelenyuk (2014) δηλώνουν ότι η παραδοχή κατά CRS μας επιτρέπει μεγαλύτερη διακριτική ισχύ, με την έννοια ότι είναι σε θέση να εντοπίσει υψηλότερα επίπεδα μη αποδοτικότητας, σε σχέση με τις μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS). Πολλές μελέτες εφάρμοσαν σταθερές αποδόσεις κλίμακας (Tyteca, 1996,1997 • Färe et al., 2004 • Zhou et al., 2008a). Από μεθοδολογικής απόψεως, μάλιστα, οι Zhou et al. (2008a) αποδεικνύουν ότι η τεχνολογία κατά CRS και η ακτινική μέτρηση της αποδοτικότητας είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις. Τέλος, το λογισμικό στο οποίο έγινε η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι το MaxDea 7 Basic.

Για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency δημιουργήσαμε τρία μοντέλα στα οποία εφαρμόζουμε την ΠΑΔ. Το πρώτο μοντέλο, ακολουθώντας τη θεώρηση των Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Kortelainen (2008), χρησιμοποιεί ως εισροή τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και ως επιθυμητή εκροή το ΑΕΠ (GDP), θεωρώντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS) και είναι οριοθετημένο ως προς την εισροή (input-oriented) (σχήμα 3.1). Επίσης, ακολουθώντας αρκετές μελέτες (Reinhard et al., 2000 • Dyckhoff & Allen, 2001 • Hailu & Veeman, 2001 • Tsolas, 2005 • Halkos, & Tzeremes, 2014) αντιμετωπίσαμε την μη επιθυμητή εκροή ως εισροή για το γεγονός ότι, τόσο οι καθιερωμένες εισροές όσο και οι μη επιθυμητές εκροές, αποτελούν μέρος του κόστους των χωρών (Tsolas, 2011).

Σχήμα 3.1: Πρώτο μοντέλο

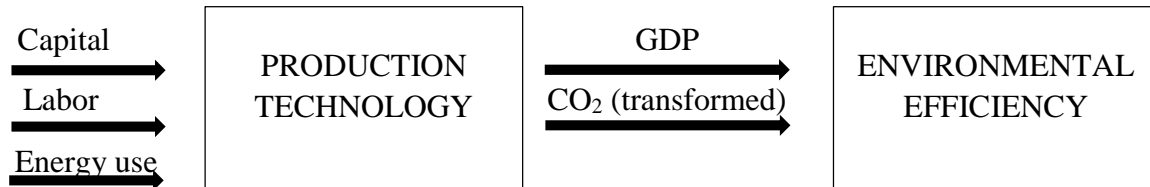


(Ιδία επεξεργασία)

Στο δεύτερο μοντέλο, ακολουθώντας τη θεώρηση των Seiford & Zhu (2002), χρησιμοποιούμε ως εισροές το κεφάλαιο (capital), την εργασία (labor) και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use) και ως εκροές το ΑΕΠ (GDP) και το μετασχηματισμένο διοξείδιο του άνθρακα

(CO₂ transformed). Θεωρούμε και πάλι σταθερές αποδόσεις κλίμακας και το μοντέλο είναι οριοθετημένο ως προς τις εκροές (output-oriented) (σχήμα 3.2).

Σχήμα 3.2: Δεύτερο μοντέλο



(Ιδία επεξεργασία)

Έτσι, λοιπόν, μετά την εφαρμογή του μετασχηματισμού του Seiford & Zhu (2002) το data domain της ΠΑΔ θα γίνει:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ \bar{Y}^b \\ -X \end{bmatrix}$$

όπου η j -οστή στήλη της μετασχηματισμένης, μη-επιθυμητής εκροής θα είναι τώρα $\bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0$.

Επομένως, το γραμμικό πρόβλημα γίνεται:

max h έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g = h y_o^g,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^b = h \bar{y}_o^b,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j = x_o,$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

Όπου:

$$n = 20$$

$y_j^g = j$ – οστή επιθυμητή εκροή

$\bar{y}_j^b = j$ – οστή μετασχηματισμένη μη επιθυμητή εκροή

$x_j = j$ – οστή εισροή

$y_0^g =$ επιθυμητή εκροή της $ΜΛΑ_0$

$\bar{y}_0^b =$ μετασχηματισμένη μη επιθυμητή εκροή της $ΜΛΑ_0$

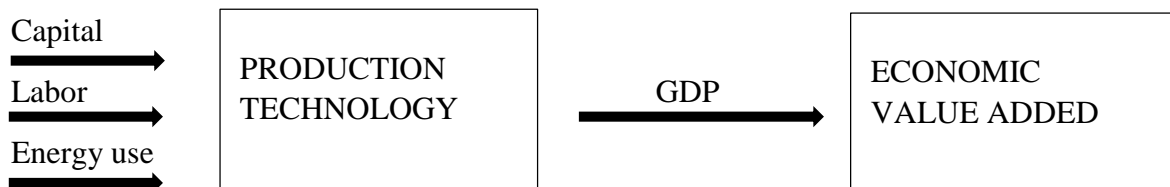
$x_0 =$ εισροή της $ΜΛΑ_0$

$z_j =$ βέλτιστες σταθμίσεις

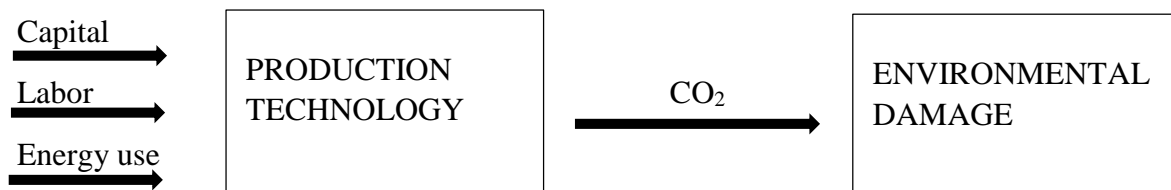
Στο τρίτο μοντέλο ακολουθώντας τη θεώρηση των Kuosmanen & Kortelainen (2005) για να μετρήσουμε την eco-efficiency κατασκευάζουμε έναν λόγο που έχει ως αριθμητή την οικονομικά προστιθέμενη αξία και ως παρονομαστή τις περιβαλλοντικές πιέσεις. Ο αριθμητής δημιουργήθηκε από την εφαρμογή του μοντέλου της ΠΑΔ με εισροές το κεφάλαιο, την εργασία και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια και με μία εκροή (επιθυμητή) το ΑΕΠ, κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας και οριοθετημένο ως προς την εκροή. Ομοίως, ο παρονομαστής δημιουργήθηκε από την εφαρμογή του μοντέλου της ΠΑΔ με εισροές το κεφάλαιο, την εργασία και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια και με μία εκροή (μη επιθυμητή) το CO₂, κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας και οριοθετημένο ως προς την εκροή (σχήμα 3.3).

Σχήμα 3.3: Τρίτο μοντέλο

1^ο στάδιο (αριθμητής)



2^ο στάδιο (παρονομαστής)



Συνεπώς:

$$\text{Eco - efficiency} = \frac{\text{Economic value added}}{\text{Environmental damage}}$$

(Ιδία επεξεργασία)

Κεφάλαιο 4

Εμπειρικά αποτελέσματα

4.1 Εφαρμογή της ΠΑΔ

Με τη χρήση της ΠΑΔ υπολογίστηκαν οι τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency των 18 χωρών της ομάδας των G-20 του δείγματος για τα έτη από το 1991 έως το 2014. Ο πρώτος δείκτης εκφράζει την eco-efficiency, με τις τιμές του να κυμαίνονται από το 0 (αναποδοτική) έως το 1 (πλήρως αποδοτική). Ο δεύτερος δείκτης είναι κατά Seiford & Zhu (2002) που εκφράζει την περιβαλλοντική αποδοτικότητα, με τις τιμές και εδώ να κυμαίνονται από το 0 (αναποδοτική) έως το 1 (πλήρως αποδοτική). Ο τρίτος δείκτης είναι ο νέος δείκτης που κατασκευάστηκε με βάση τη θεωρία και εκφράζει την eco-efficiency, με τις μικρές τιμές (μικρότερες ή ίσες του 1) να δηλώνουν αναποδοτικότητα και τις υψηλές τιμές (μεγαλύτερες του 2) να δηλώνουν πλήρη αποδοτικότητα. Τα αναλυτικά αποτελέσματα και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (Mean: μέσος όρος, Std: τυπική απόκλιση, Max: μέγιστη τιμή ανά έτος και Min: ελάχιστη τιμή ανά έτος) για τον καθένα δείκτη παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 4.1, 4.2, 4.3, αντίστοιχα.

Οι Halkos & Tzeremes (2016) τονίζουν ότι η βαθμολογία της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας αντικατοπτρίζει την ικανότητα μιας χώρας να μεγιστοποιεί τις επιθυμητές εκροές της, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις μη επιθυμητές εκροές με τις δεδομένες ποσότητες εισροών. Δηλαδή, μια χώρα θα είναι περιβαλλοντικά αποδοτική όταν μεγιστοποιεί το ΑΕΠ της, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με τις δεδομένες τιμές του κεφαλαίου, της εργασίας και της χρησιμοποιούμενης ενέργειας.

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 4.1) παρατηρούμε ότι οι περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες, με βάση τον πρώτο δείκτη, είναι ελάχιστες. Για τα έτη 1991-1998 η Βραζιλία είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτική, με τα έτη 1999-2013 να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, και για τα έτη 1999-2014 η Γαλλία είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτική, με τα έτη 1991-1998 να κυμαίνεται, επίσης, σε υψηλά επίπεδα. Η λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτική για όλα τα έτη από το 1991 έως το 2014 είναι η Νότια Αφρική. Σε, επίσης, χαμηλά επίπεδα, όντας μη περιβαλλοντικά αποδοτικές, κυμαίνονται η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και οι ΗΠΑ. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.1 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Επιπρόσθετα, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα

διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 1993 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 23,39% (0.2339) και το 2005 την χαμηλότερη κατά 20,58% (0.2058). Γενικότερα, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι χώρες του δείγματος στην πλειοψηφία τους στη διάρκεια των ετών 1991-2014 δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Πίνακας 4.1: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του πρώτου δείκτη.

ΧΩΡΑ	ΕΤΟΣ							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Argentina	0.4692	0.5221	0.6001	0.6246	0.6099	0.6785	0.7522	0.8050
Australia	0.4101	0.4072	0.3953	0.3835	0.3654	0.3281	0.3702	0.3985
Brazil	1	1	1	1	1	1	1	1
Canada	0.4444	0.4246	0.4166	0.3961	0.3731	0.3402	0.3722	0.3982
China	0.2612	0.2671	0.2682	0.2479	0.2321	0.2122	0.2424	0.2734
Germany	0.5239	0.5533	0.5511	0.5400	0.5158	0.4655	0.5398	0.6060
France	0.8673	0.9235	0.9091	0.9184	0.8353	0.7269	0.8934	0.9477
United Kingdom	0.5612	0.5641	0.5778	0.5544	0.5418	0.5116	0.6248	0.6914
Indonesia	0.8133	0.7532	0.7209	0.7223	0.7134	0.6321	0.6346	0.7194
India	0.4122	0.4033	0.4028	0.3795	0.3530	0.3241	0.3612	0.4114
Italy	0.7994	0.8030	0.7938	0.7693	0.6958	0.6568	0.7338	0.8146
Japan	0.7630	0.7573	0.7666	0.6956	0.6621	0.6059	0.6683	0.7309
Korea, Rep.	0.5279	0.5094	0.4739	0.4553	0.4257	0.3857	0.4121	0.4769
Mexico	0.6430	0.6477	0.6246	0.5778	0.5098	0.4593	0.5019	0.5494
Saudi Arabia	0.2747	0.2712	0.2355	0.2120	0.2579	0.2320	0.3054	0.3154
Turkey	0.8319	0.8240	0.8417	0.7460	0.6667	0.6278	0.6789	0.7089
United States	0.4438	0.4417	0.4298	0.4108	0.3837	0.3575	0.3996	0.4490
South Africa	0.2206	0.2295	0.2144	0.1931	0.1747	0.1667	0.1765	0.1975

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Mean	0.5704	0.5724	0.5679	0.5459	0.5176	0.4839	0.5371	0.5830
Std	0.2297	0.2299	0.2339	0.2331	0.2196	0.2151	0.2266	0.2330
Min	0.2206	0.2295	0.2144	0.1931	0.1747	0.1667	0.1765	0.1975
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 4.1: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Argentina	0.7174	0.6826	0.6880	0.6219	0.6581	0.6071	0.6174	0.5943
Australia	0.4037	0.3806	0.4021	0.3849	0.4300	0.4287	0.4310	0.4075
Brazil	0.9361	0.8569	0.8350	0.8400	0.9131	0.8994	0.8658	0.9048
Canada	0.4129	0.3934	0.3986	0.4000	0.4169	0.4282	0.4349	0.4334
China	0.2908	0.2797	0.2968	0.2925	0.2857	0.2708	0.2551	0.2430
Germany	0.6475	0.6073	0.6051	0.6106	0.6637	0.6745	0.6927	0.6626
France	1	1	1	1	1	1	1	1
United Kingdom	0.7157	0.6966	0.7161	0.7271	0.7544	0.7642	0.7671	0.7469
Indonesia	0.6326	0.5246	0.4839	0.4625	0.4795	0.4821	0.4957	0.5208
India	0.4124	0.3851	0.4041	0.4136	0.4602	0.4655	0.4759	0.4782
Italy	0.8248	0.7726	0.7977	0.7504	0.7613	0.7426	0.7294	0.7272
Japan	0.6992	0.6494	0.6585	0.6386	0.6734	0.6655	0.6606	0.6434
Korea, Rep.	0.4832	0.4312	0.4460	0.4560	0.4998	0.5026	0.5351	0.5194
Mexico	0.5577	0.5631	0.5517	0.5412	0.5548	0.5833	0.5730	0.5653
Saudi Arabia	0.3227	0.2622	0.2555	0.2444	0.2814	0.2697	0.3133	0.3192
Turkey	0.6866	0.6443	0.6961	0.6408	0.6078	0.6562	0.6569	0.6302
United States	0.4582	0.4267	0.4410	0.4346	0.4693	0.4722	0.4647	0.4650
South Africa	0.1997	0.1927	0.2049	0.2233	0.2138	0.1992	0.2216	0.2120

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Mean	0.5779	0.5416	0.5489	0.5379	0.5624	0.5618	0.5661	0.5596
Std	0.2222	0.2170	0.2157	0.2094	0.2129	0.2140	0.2058	0.2082
Min	0.1997	0.1927	0.2049	0.2233	0.2138	0.1992	0.2216	0.2120
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 4.1: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	0.6039	0.5776	0.591	0.6122	0.6031	0.6098	0.6074	0.5029
Australia	0.3849	0.3854	0.3646	0.3893	0.3681	0.3641	0.3691	0.3440
Brazil	0.8943	0.9126	0.9811	0.9705	0.9387	0.8733	0.8071	0.6851
Canada	0.4066	0.4138	0.3804	0.3959	0.3759	0.3910	0.3836	0.3416
China	0.2317	0.2203	0.2229	0.2189	0.1964	0.2043	0.2056	0.1980
Germany	0.6831	0.6873	0.6801	0.6622	0.6577	0.6481	0.6309	0.6195
France	1	1	1	1	1	1	1	1

United Kingdom	0.7098	0.7115	0.7269	0.6738	0.6842	0.6717	0.7064	0.7062
Indonesia	0.4954	0.5227	0.5293	0.6360	0.4977	0.4922	0.6456	0.6387
India	0.4587	0.4482	0.4238	0.4791	0.4479	0.4312	0.4299	0.3752
Italy	0.7267	0.7545	0.7947	0.7700	0.7311	0.7857	0.8079	0.7838
Japan	0.5995	0.5945	0.6077	0.5892	0.5183	0.5005	0.4800	0.4417
Korea, Rep.	0.4824	0.4596	0.4423	0.4208	0.3743	0.3795	0.3730	0.3545
Mexico	0.5473	0.5423	0.5174	0.5570	0.5242	0.5165	0.5163	0.4818
Saudi Arabia	0.3618	0.3966	0.3133	0.3303	0.3872	0.3679	0.3698	0.2944
Turkey	0.5752	0.6061	0.5946	0.6008	0.5695	0.5841	0.5955	0.5242
United States	0.4320	0.4347	0.4414	0.4314	0.4069	0.4274	0.4166	0.3756
South Africa	0.1995	0.1870	0.1757	0.1886	0.1823	0.1843	0.1824	0.1581

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	0.5440	0.5475	0.5437	0.5514	0.5257	0.5240	0.5293	0.4903
Std	0.2084	0.2127	0.2313	0.2229	0.2203	0.2157	0.2155	0.2163
Min	0.1995	0.1870	0.1757	0.1886	0.1823	0.1843	0.1824	0.1581
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Από τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.2) παρατηρούμε για τις περισσότερες χώρες, όσον αφορά το δεύτερο δείκτη, ότι τα επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας είναι υψηλά. Για τα έτη 1991-2014 οι Αργεντινή, Κίνα, Ινδονησία, Ινδία, Ιταλία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και ΗΠΑ είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές. Επίσης, πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές είναι οι εξής χώρες: η Αυστραλία για τα έτη 1994-2004 και 2010-2014, η Βραζιλία για τα έτη 1993-2012, η Γαλλία για τα έτη 1999-2002, το Ηνωμένο Βασίλειο για τα έτη 2000-2004, η Ιαπωνία για τα έτη 1991-1993, το Μεξικό για τα έτη 2007-2008 και η Νότια Αφρική για τα έτη 1991-2012. Όλες οι προαναφερόμενες χώρες και τις υπόλοιπες χρονιές παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά αποδοτικότητας (πλησιάζοντας τη μονάδα), με μοναδικές εξαιρέσεις την Ιαπωνία η οποία από το 2000 έως το 2014 έχει μια φθίνουσα πορεία, όντας η λιγότερο αποδοτική, και το Μεξικό που παρουσιάζει μία μικρή πτώση την περίοδο 1995-1997. Οι λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτικές, έχοντας τις ελάχιστες τιμές, εμφανίζονται η Γερμανία για τα έτη 1991-1994 και 1999-2000, το Μεξικό για τα έτη 1995-1997, η Κορέα για τα έτη 1998, 2001-2008 και 2010-2013 και η Ιαπωνία για τα έτη 2009 και 2014. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.2 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Τέλος, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη

διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 2012 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 8,98% (0.0898) και το 1994 την χαμηλότερη κατά 4,27% (0.0427).

Πίνακας 4.2: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του δεύτερου δείκτη.

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Argentina	1	1	1	1	1	1	1	1
Australia	0.9900	0.9773	0.9949	1	1	1	1	1
Brazil	0.9629	0.9735	1	1	1	1	1	1
Canada	0.9332	0.9080	0.9144	0.9313	0.9509	0.9264	0.9366	0.9330
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	0.8521	0.8540	0.8455	0.8598	0.8603	0.8416	0.8515	0.8605
France	0.9636	0.9679	0.9526	0.9718	0.9538	0.9282	0.9581	0.9989
United Kingdom	0.9380	0.9366	0.9286	0.9404	0.9394	0.9207	0.9484	0.9704
Indonesia	1	1	1	1	1	1	1	1
India	1	1	1	1	1	1	1	1
Italy	1	1	1	1	1	1	1	1
Japan	1	1	1	0.9953	0.9897	0.9421	0.9243	0.9024
Korea, Rep.	0.9330	0.9139	0.8600	0.9445	0.9395	0.8935	0.8754	0.8432
Mexico	0.8826	0.8891	0.8562	0.8949	0.8316	0.8133	0.8191	0.8761
Saudi Arabia	1	1	1	1	1	1	1	1
Turkey	1	1	1	1	1	1	1	1
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	1	1	1	1	1	1	1	1

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Mean	0.9697	0.9678	0.9640	0.9743	0.9703	0.9592	0.9619	0.9658
Std	0.0452	0.0467	0.0571	0.0427	0.0509	0.0602	0.0586	0.0560
Min	0.8521	0.8540	0.8455	0.8598	0.8316	0.8133	0.8191	0.8432
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 4.2: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Argentina	1	1	1	1	1	1	1	1
Australia	1	1	1	1	1	1	0.9544	0.9320
Brazil	1	1	1	1	1	1	1	1
Canada	0.9540	0.9837	0.9632	0.9615	0.9903	0.9930	0.9726	0.9159
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	0.8740	0.8643	0.8719	0.8829	0.9069	0.9043	0.9176	0.9099
France	1	1	1	1	0.9904	0.9682	0.9629	0.9600
United Kingdom	0.9945	1	1	1	1	1	0.9853	0.9783
Indonesia	1	1	1	1	1	1	1	1
India	1	1	1	1	1	1	1	1
Italy	1	1	1	1	1	1	1	1
Japan	0.9018	0.8888	0.8800	0.8743	0.8772	0.8591	0.8349	0.8189
Korea, Rep.	0.9029	0.8687	0.8406	0.8367	0.8402	0.8230	0.8136	0.8075
Mexico	0.8988	0.9778	0.9557	0.9387	0.9589	0.9401	0.9157	0.9857
Saudi Arabia	1	1	1	1	1	1	1	1
Turkey	1	1	1	1	1	1	1	1
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	1	1	1	1	1	1	1	1

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Mean	0.9737	0.9768	0.9728	0.9719	0.9758	0.9715	0.9643	0.9616
Std	0.0453	0.0480	0.0522	0.0527	0.0489	0.0544	0.0581	0.0620
Min	0.8740	0.8643	0.8406	0.8367	0.8402	0.8230	0.8136	0.8075
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 4.2: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	1	1	1	1	1	1	1	1
Australia	0.9001	0.9268	0.9585	1	1	1	1	1
Brazil	1	1	1	1	1	1	0.9813	0.9520
Canada	0.9292	0.8667	0.8763	0.8486	0.7811	0.7621	0.7955	0.8407
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	0.9371	0.9291	0.8938	0.8989	0.9088	0.8975	0.9003	0.9246
France	0.9677	0.9515	0.9709	0.9605	0.9544	0.9639	0.9710	0.9879

United Kingdom	0.9671	0.9454	0.9334	0.9006	0.9115	0.9134	0.9284	0.9360
Indonesia	1	1	1	1	1	1	1	1
India	1	1	1	1	1	1	1	1
Italy	1	1	1	1	1	1	1	1
Japan	0.8293	0.7953	0.7713	0.7997	0.7745	0.7758	0.7742	0.7750
Korea, Rep.	0.8016	0.7698	0.7919	0.7981	0.7472	0.7514	0.7636	0.7985
Mexico	1	1	0.9532	0.9924	0.9704	0.9673	0.9611	0.9979
Saudi Arabia	1	1	1	1	1	1	1	1
Turkey	1	1	1	1	1	1	1	1
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	1	1	1	1	1	1	0.9856	0.9562

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	0.9629	0.9547	0.9527	0.9555	0.9471	0.9462	0.9478	0.9538
Std	0.0617	0.0733	0.0732	0.0727	0.0879	0.0898	0.0832	0.0737
Min	0.8016	0.7698	0.7713	0.7981	0.7472	0.7514	0.7636	0.7750
Max	1	1	1	1	1	1	1	1

Παρατηρώντας τον πίνακα του δείκτη που κατασκευάσαμε (πίνακας 4.3) διαπιστώνουμε ότι οι περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες είναι ελάχιστες. Η Βραζιλία και η Γαλλία για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 1991-2014 εμφανίζονται με υψηλές τιμές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, μεγαλύτερες του 2. Συγκεκριμένα, την περίοδο 1991-1998 και 2005-2013 η Βραζιλία κατέχει τις μέγιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος, ενώ η Γαλλία τις κατέχει για την περίοδο 1999-2004 και το 2014. Από την άλλη, οι λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες με τιμές μικρότερες ή ίσες του 1 εμφανίζονται η Σαουδική Αραβία, η Νότια Αφρική, οι ΗΠΑ και η Κίνα. Πιο ειδικά, τις ελάχιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος ανά περιόδους τις κατέχουν οι προαναφερόμενες χώρες ως εξής: 1991-2004 η Σαουδική Αραβία, 2005-2014 η Νότια Αφρική και 2006-2008 η Σαουδική Αραβία, οι ΗΠΑ και η Κίνα. Για τις υπόλοιπες χώρες οι τιμές τους κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.3 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Επιπλέον, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 2011 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 61,90% (0.6190) και το 1991 την χαμηλότερη κατά 43,78% (0.4378). Γενικότερα,

οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι χώρες του δείγματος στην πλειοψηφία τους στη διάρκεια των ετών 1991-2014 δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Πίνακας 4.3: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του τρίτου δείκτη.

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Argentina	1.5943	1.6440	1.7252	2.0734	2.1358	2.3788	2.4139	2.4098
Australia	1.1689	1.1616	1.2522	1.2220	0.9964	1.0238	0.9264	0.8874
Brazil	2.3962	2.4746	2.5695	2.6933	2.9246	2.9904	2.7870	2.5538
Canada	1.2333	1.1797	1.2476	1.2187	1.0124	1.0473	0.9316	0.9029
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	1.2531	1.3150	1.3508	1.3823	1.3776	1.3370	1.3858	1.4127
France	2.1143	2.2476	2.3119	2.4466	2.3027	2.1696	2.3760	2.3001
United Kingdom	1.4155	1.4150	1.5237	1.5634	1.5906	1.5713	1.7183	1.7239
Indonesia	2.0877	1.9500	1.9274	2.0265	2.1545	2.0265	1.9170	2.3737
India	1.5780	1.5099	1.5016	1.5310	1.5211	1.5253	1.4828	1.4655
Italy	1.8430	1.8634	1.9065	1.9265	1.8229	1.8603	1.8365	1.8142
Japan	1.4897	1.5664	1.7031	1.6995	1.7333	1.6871	1.6758	1.6534
Korea, Rep.	1.4769	1.4338	1.3630	1.5546	1.5814	1.4570	1.3993	1.4305
Mexico	1.3329	1.3719	1.3651	1.4333	1.3629	1.2904	1.2948	1.3360
Saudi Arabia	0.8543	0.8521	0.8018	0.7212	0.7120	0.7457	0.7643	0.7025
Turkey	1.7762	1.7461	1.7598	1.8395	1.7719	1.7090	1.7107	1.7004
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	0.9158	0.8765	0.8484	0.9269	0.9161	0.8856	0.9112	0.9873

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Mean	1.4739	1.4782	1.5087	1.5699	1.5509	1.5392	1.5295	1.5364
Std	0.4378	0.4543	0.4793	0.5310	0.5788	0.5869	0.5820	0.5791
Min	0.8543	0.8521	0.8018	0.7212	0.7120	0.7457	0.7643	0.7025
Max	2.3962	2.4746	2.5695	2.6933	2.9246	2.9904	2.7870	2.5538

Πίνακας 4.3: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Argentina	2.2205	2.1416	1.9661	1.6766	1.8617	1.7768	1.6850	1.8568
Australia	0.8809	1.0349	1.0533	1.0827	1.0844	1.2002	1.1866	1.1829
Brazil	2.3557	2.2947	2.1382	2.1946	2.3753	2.4442	2.4792	2.7417

Canada	0.9392	1.1131	1.0947	1.1464	1.1451	1.3351	1.3231	1.3200
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	1.5211	1.5365	1.4791	1.4992	1.5631	1.6280	1.6470	1.5783
France	2.4611	2.6534	2.5419	2.5207	2.5072	2.5198	2.4240	2.3758
United Kingdom	1.8142	1.8649	1.8253	1.8436	1.8927	1.9867	1.9016	1.8646
Indonesia	2.0352	1.7487	1.4891	1.3996	1.5456	1.6347	1.7367	1.9553
India	1.3523	1.3126	1.3067	1.3968	1.5493	1.5769	1.5613	1.5454
Italy	1.8	1.8466	1.8418	1.7814	1.6932	1.6693	1.6251	1.6349
Japan	1.5816	1.5549	1.5109	1.4643	1.4704	1.4561	1.4508	1.4438
Korea, Rep.	1.4644	1.3431	1.3034	1.2666	1.3614	1.4179	1.4127	1.3758
Mexico	1.3771	1.4457	1.3026	1.2549	1.3304	1.4178	1.3801	1.5104
Saudi Arabia	0.7043	0.7458	0.7077	0.7332	0.7713	0.8614	0.9838	1
Turkey	1.7193	1.6226	1.5821	1.3741	1.4206	1.5313	1.4810	1.5815
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	1	1	0.9415	0.8165	0.8942	0.9229	0.9438	1

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Mean	1.5126	1.5144	1.4491	1.4140	1.4703	1.5211	1.5123	1.5537
Std	0.5326	0.5117	0.4735	0.4619	0.4757	0.4653	0.4428	0.4795
Min	0.7043	0.7458	0.7077	0.7332	0.7713	0.8614	0.9438	1
Max	2.4611	2.6534	2.5419	2.5207	2.5072	2.5198	2.4792	2.7417

Πίνακας 4.3: (συνέχεια).

ΧΩΠΑ	ΕΤΟΣ							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	2.2253	2.1916	2.2656	2.2423	2.1788	2.1717	2.1971	2.0994
Australia	1.0545	1.0082	1.1545	1.2322	1.0623	1.0823	1.0894	1.1694
Brazil	2.8670	2.9434	3.1726	3.1070	3.1784	2.8603	2.6516	2.3806
Canada	1.1986	1.1545	1.2103	1.2349	1.0891	1.1510	1.1384	1.1670
China	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	1.7155	1.6848	1.6793	1.6453	1.6760	1.5778	1.5612	1.6913
France	2.3863	2.3405	2.3993	2.4323	2.4819	2.4122	2.4635	2.7924
United Kingdom	1.9109	1.8014	1.8058	1.6278	1.7374	1.6005	1.7206	1.9257
Indonesia	1.9531	2.0398	2.0187	2.2742	1.9859	1.8869	2.5139	2.6139
India	1.4908	1.4481	1.4133	1.4703	1.4676	1.3842	1.3820	1.3103
Italy	1.7174	1.7578	1.8752	1.8476	1.8098	1.8784	1.9733	2.1520
Japan	1.4696	1.4342	1.4464	1.4422	1.3291	1.2431	1.2238	1.2622

Korea, Rep.	1.3408	1.2206	1.2677	1.2332	1.1	1.1107	1.1048	1.1883
Mexico	1.5572	1.5347	1.5616	1.7109	1.6649	1.6467	1.6657	1.7213
Saudi Arabia	1	1	0.9878	1	1	1	1	1
Turkey	1.6674	1.6824	1.6474	1.6744	1.6382	1.6823	1.7401	1.7314
United States	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	1	1	0.9223	0.8363	0.7396	0.7326	0.7299	0.7350

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mean	1.5864	1.569	1.6015	1.6117	1.5633	1.5234	1.5642	1.6078
Std	0.5347	0.5502	0.5907	0.5950	0.6190	0.5612	0.5913	0.6101
Min	1	1	0.9223	0.8363	0.7396	0.7326	0.7299	0.7350
Max	2.867	2.9434	3.1726	3.1070	3.1784	2.8603	2.6516	2.7924

Στη συνέχεια, ο πίνακας 4.4 παρουσιάζει τη μέση αποδοτικότητα των χωρών για κάθε έναν δείκτη. Παρατηρούμε ότι οι δείκτες 1 και 3 παρουσιάζουν μια ακολουθία ως προς τις τιμές τους και τη γενική σειρά κατάταξης των χωρών. Έτσι μέσα στις πέντε πρώτες χώρες εμφανίζονται να είναι κοινές και στους δύο δείκτες η Βραζιλία, η Γαλλία και η Ιταλία, με αποδοτικότητα πάνω από το 0.75 (1^{ος} δείκτης) και το 2.04 (3^{ος} δείκτης). Ενώ, αντίστοιχα, στις πέντε τελευταίες χώρες οι κοινές είναι η Αυστραλία, η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και η Νότια Αφρική, με αποδοτικότητα κάτω του 0.30 (1^{ος} δείκτης) και του 1 (3^{ος} δείκτης). Από την άλλη, οι μέσες αποδοτικότητες που αφορούν το δεύτερο δείκτη εμφανίζονται να είναι υψηλές παίρνοντας τιμές πάνω από το 0.83, καθιστώντας όλες τις χώρες απόλυτα ή σχεδόν αποδοτικές. Αυτή η ανακολουθία που υπάρχει ανάμεσα στο 2^ο και στους άλλους δύο δείκτες οφείλεται στο γεγονός ότι έγινε μετατροπή της μη επιθυμητής εκροής (CO₂) σε μια μη-αρνητική εκροή η οποία μαζί με την επιθυμητή εκροή (ΑΕΠ) μας οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα που εκφράζει περισσότερο την αποδοτικότητα από οικονομικής απόψεως, αφού ουσιαστικά εξαλείφθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δηλ. το πραγματικό CO₂. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ο σχολιασμός των Färe & Grosskopf (2004) στην προσέγγιση των Seiford & Zhu (2002) που υποστηρίζουν ότι η μετατροπή των δεδομένων δεν δίνει τα ίδια αποτελέσματα, όπως ισχύει στη συνήθη εκτίμηση που συμβαίνει ταυτόχρονη μείωση των μη επιθυμητών εκροών και αύξηση των επιθυμητών. Το γεγονός αυτό συμβαίνει επειδή οι Seiford & Zhu (2002) δεν εφαρμόσανε ασθενή κατανομή (weak disposability) και μηδενική άρθρωση (null-jointness) των επιθυμητών και μη επιθυμητών εκροών. Μάλιστα, σύμφωνα με τους Färe & Grosskopf (2004) η αρχή της null-jointness είναι αυτή που περιγράφει το βασικό πρόβλημα της μόλυνσης

αφού, μέσω μιας δοθείσα τεχνολογίας, όταν παράγονται επιθυμητές εκροές οι μη επιθυμητές εκροές είναι υποπροϊόντα τους.

Πίνακας 4.4: Μέση αποδοτικότητα των χωρών και σειρά κατάταξής τους ανά δείκτη για τα έτη 1991-2014

ΧΩΡΑ	Μέση αποδοτικότητα 1ου Δείκτη	Ranking	Μέση αποδοτικότητα 2ου Δείκτη	Ranking	Μέση αποδοτικότητα 3ου Δείκτη	Ranking
Argentina	0.6232	7	1	1	2.0472	3
Australia	0.3873	15	0.9847	11	1.0916	14
Brazil	0.9214	2	0.9946	10	2.6489	1
Canada	0.3989	14	0.9112	15	1.1473	13
China	0.2465	17	1	1	1	15
Germany	0.6137	8	0.8853	16	1.5207	8
France	0.9592	1	0.9710	12	2.4159	2
United Kingdom	0.6711	4	0.9548	13	1.7352	6
Indonesia	0.5937	9	1	1	1.9706	4
India	0.4182	13	1	1	1.4618	10
Italy	0.7636	3	1	1	1.8240	5
Japan	0.6362	6	0.8743	17	1.4996	9
Korea, Rep.	0.4511	11	0.8399	18	1.3420	12
Mexico	0.5503	10	0.9282	14	1.4529	11
Saudi Arabia	0.2997	16	1	1	0.8604	18
Turkey	0.6581	5	1	1	1.6579	7
United States	0.4297	12	1	1	1	15
South Africa	0.1958	18	0.9976	9	0.8951	17

Συνοψίζοντας, από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι, αν εξαιρέσουμε τον δεύτερο δείκτη, οι αποδοτικότητες όσον αφορά τον πρώτο και τρίτο δείκτη παρουσιάζουν στο σύνολό τους χαμηλές τιμές. Μόνο η Βραζιλία και η Γαλλία είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές, ενώ οι υπόλοιπες κυμαίνονται σε μεσαία και χαμηλά επίπεδα. Ιδιαίτερα η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και η Νότια Αφρική παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές, καθιστώντας τις περιβαλλοντικά αναποδοτικές. Αυτή η εικόνα υποδηλώνει ότι στο σύνολό τους οι χώρες του δείγματος δεν εφάρμοσαν τις κατάλληλες περιβαλλοντικές πολιτικές, έτσι ώστε να συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών του CO₂, ενδιαφερόμενες μόνον για την οικονομική τους ανάπτυξη. Αυτό αποδεικνύεται και από τις υψηλές τιμές του δεύτερου δείκτη ο οποίος,

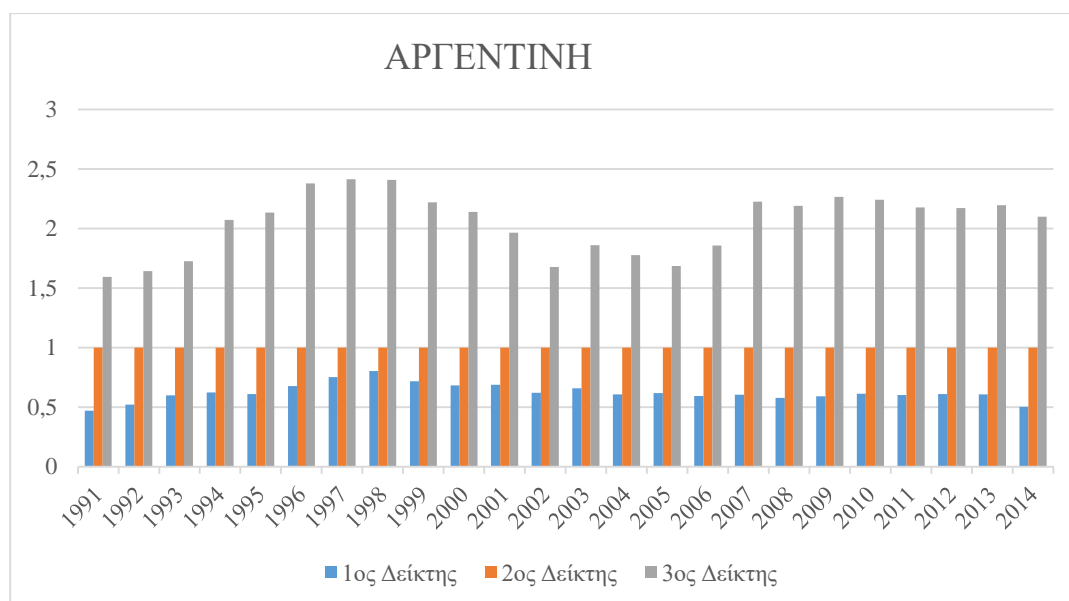
όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υποδηλώνει περισσότερο την οικονομική πλευρά της αποδοτικότητας.

4.2 Συγκριτική ανάλυση δεικτών ανά χώρα

Αργεντινή

Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.1 η Αργεντινή για τη χρονική περίοδο 1991-1998 παρουσιάζει μια ανοδική πορεία, όσον αφορά τον πρώτο και τρίτο δείκτη. Το 1999 σε σχέση με το 1998 παρουσιάζει μία πτώση κατά 8,8% και 18,9%, αντίστοιχα, η οποία συνεχίζεται μέχρι το 2006. Το 2007 αυξάνεται πάλι κατά 1% και 36,8%, αντίστοιχα, κρατώντας μια σταθερή πορεία μέχρι και το 2013. Το έτος 2014 σημειώνεται πάλι πτώση κατά 10,4% και 9,8% σε σχέση με το 2013 για τον πρώτο και τρίτο δείκτη, αντίστοιχως. Όσον αφορά τον δεύτερο δείκτη, αυτός παραμένει σταθερός και ίσος με τη μονάδα σε όλη τη διάρκεια των ετών από το 1991 μέχρι το 2014.

Διάγραμμα 4.1: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Αργεντινή το χρονικό διάστημα 1991-2014

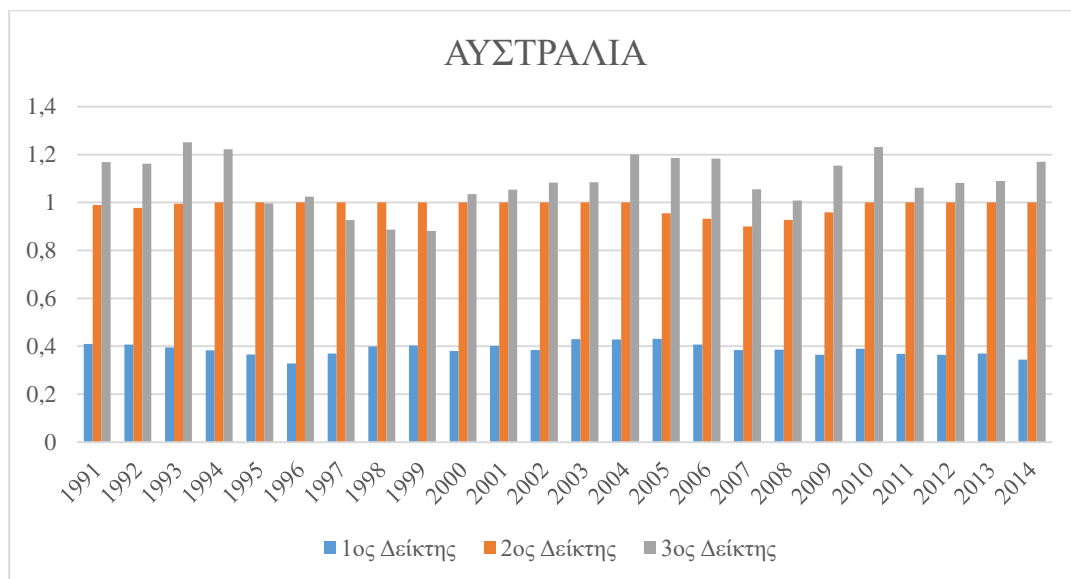


Αυστραλία

Από το διάγραμμα 4.2 παρατηρούμε ότι η Αυστραλία το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει μία πτώση στην αποδοτικότητα, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, σε ποσοστό 8,2%. Από το 1996 μέχρι το 1999 έχει μια μικρή ανοδική πορεία κατά 7,5%, κάνοντας μια μικρή καμπή τα έτη 2000 και 2002 και στη συνέχεια αυξάνεται μέχρι το 2005, παίρνοντας την τιμή

0.4310. Από το 2005 στο 2006 μειώνεται κατά 2,4% η οποία μείωση συνεχίζεται μέχρι το 2014 φτάνοντας στην τιμή 0.3440. Ο δεύτερος δείκτης παρουσιάζει μια αυξητική πορεία από το 1991 έως το 1994 κατά 0,01% και από το 1994 έως το 2004 παραμένει σταθερός (=1). Από το έτος 2004 στο 2005 σημειώνεται μια μικρή πτώση κατά 0,05% μέχρι το 2007, οπότε και πάλι εμφανίζει ανοδική πορεία μέχρι το 2010 όπου και σταθεροποιείται στη μονάδα μέχρι το 2014. Όσον αφορά τον τρίτο δείκτη το χρονικό διάστημα 1991-1993 παρουσιάζει άνοδο κατά 8,3%. Από το 1993 μέχρι το 1999 έχει καθοδική πορεία κατά 37,1%, ενώ από το 1999 στο 2000 αυξάνεται κατά 15,4%. Από το 2000 έως το 2004 έχει ανοδική πορεία με ποσοστό 16,5%, η οποία και πάλι διακόπτεται μέχρι το 2008, σημειώνοντας πτώση κατά 19,2%. Από το 2008 στο 2009 εμφανίζεται σημαντική άνοδος κατά 14,6% και από το 2009 στο 2010, επίσης, αυξάνεται σε ποσοστό 7,8%, ενώ από το 2010 στο 2011 παρουσιάζει πτώση κατά 17%. Το διάστημα 2011-2014 αυξάνεται και πάλι κατά 10,7%.

Διάγραμμα 4.2: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Αυστραλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



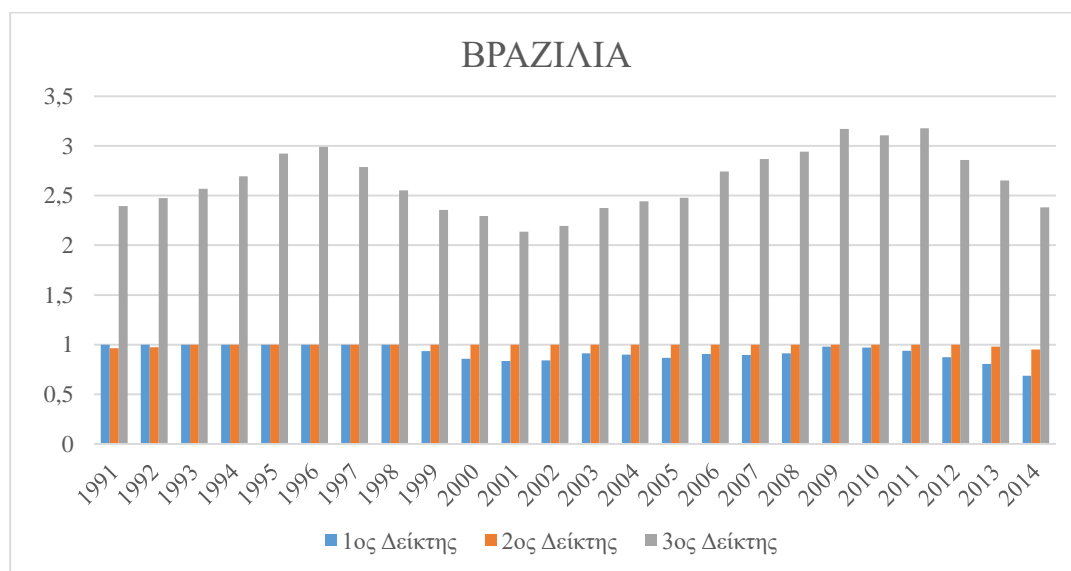
Βραζιλία

Η Βραζιλία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, παρουσιάζει μια σταθερότητα από το 1991 έως το 1998, ενώ το 1999 σε σχέση με το προηγούμενο έτος σημειώνει μια πτώση σε ποσοστό 6,4%. Αυτή η πτώση συνεχίζεται μέχρι το 2002, οπότε και σημειώνεται άνοδος κατά 7,3% από το 2002 στο 2003. Από το 2003 μέχρι το 2009 εμφανίζονται μικρές αυξομειώσεις ανά έτος, ενώ το χρονικό διάστημα 2009-2014 παρατηρείται πτώση κατά 29,6%. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1991 έως το 1993 σε ποσοστό 3,7%, οπότε και παραμένει σταθερός για το

προσεχές χρονικό διάστημα 1993-2012, ενώ σημειώνει πτώση από το 2012 στο 2014 κατά 4,8%.

Σχετικά με τον τρίτο δείκτη το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 59,4%, ενώ από το 1996 μέχρι το 2001 πέφτει κατά 85,2%. Στη συνέχεια, το χρονικό διάστημα 2001-2011 παρουσιάζει αυξητική πορεία, σημειώνοντας μόνο μια μικρή πτώση από το 2009 στο 2010 κατά 6,5%, όπου πάλι το 2011 αυξάνεται σε ποσοστό 7,2% σε σχέση με το 2010. Τέλος, το διάστημα 2010-2014 σημειώνεται πτώση κατά 79,8%.

Διάγραμμα 4.3: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τη Βραζιλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



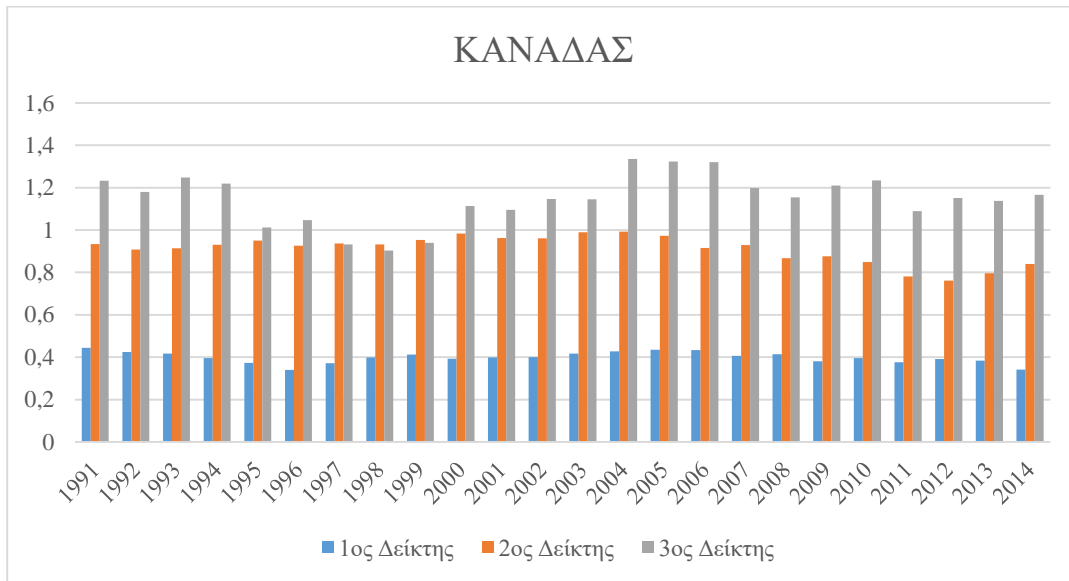
Καναδάς

Στο διάγραμμα 4.4 ο Καναδάς, για τον 1^ο δείκτη, από το 1991 έως το 1996 παρουσιάζει μια πτώση σε ποσοστό 10,4% και από το 1996 έως το 2006 έχει άνοδο κατά 9,3%. Από το 2006 μέχρι το 2012 εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος, φτάνοντας στο 2014 να σημειώνει μείωση κατά 4,9% σε σχέση με το 2012. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει μείωση κατά 2,5% από το 1991 στο 1992 και αύξηση το χρονικό διάστημα 1992-1995 σε ποσοστό 4,3%, ενώ το 1996 πέφτει σε σχέση με το 1995 κατά 2,4%. Το διάστημα 1996-2000 αυξάνεται κατά 5,7%, το 2000-2002 μειώνεται κατά 2,2% και από το 2002 στο 2004 πάλι αυξάνεται κατά 3,2%. Το χρονικό διάστημα 2004-2012 παρουσιάζει πτωτική τάση, με μικρές αυξομειώσεις ανά έτος, κατά 23%, ενώ από το 2012 έως το 2014 αυξάνεται σε ποσοστό 7,9%.

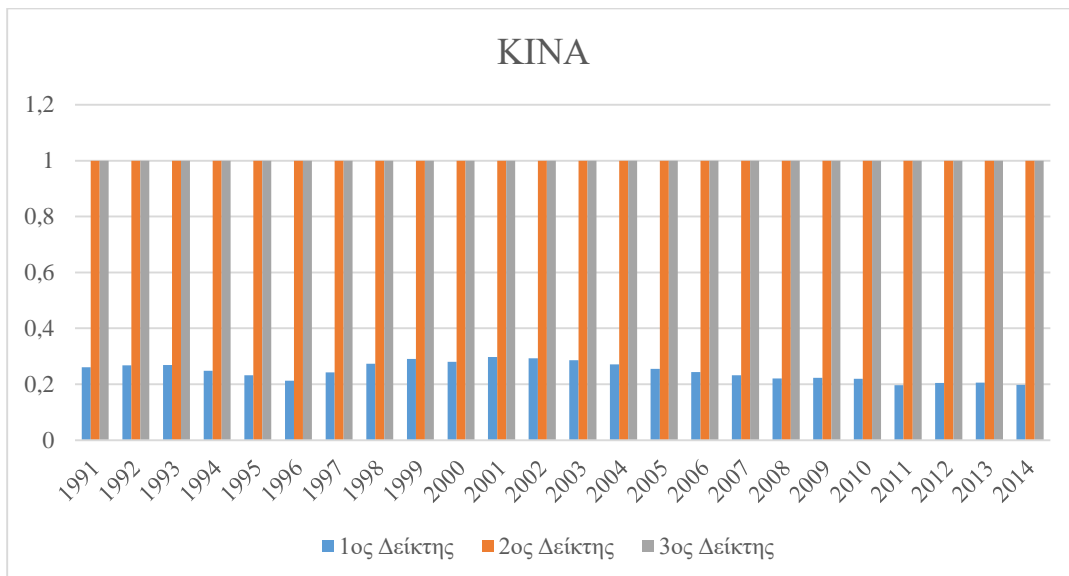
Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει μείωση από το 1991 στο 1992 κατά 5,3%, το 1993 σε σχέση με το 1992 αυξάνεται κατά 6,8%, ενώ από το 1993 μέχρι το 1998 μειώνεται κατά 34,5%, με μια μόνο

μικρή αύξηση το 1996 σε σχέση με το 1995 κατά 3,5%. Από το 1998 έως το 2004 παρουσιάζει αυξητική πορεία σε ποσοστό 43,2%, το διάστημα 2004-2008 μειώνεται κατά 18%, από το 2008 στο 2010 πάλι αυξάνεται κατά 8%, από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 14,6%, ενώ τέλος, το χρονικό διάστημα 2011-2014 εμφανίζει άνοδο σε ποσοστό 7,8%.

Διάγραμμα 4.4: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τον Καναδά το χρονικό διάστημα 1991-2014



Διάγραμμα 4.5: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Κίνα το χρονικό διάστημα 1991-2014



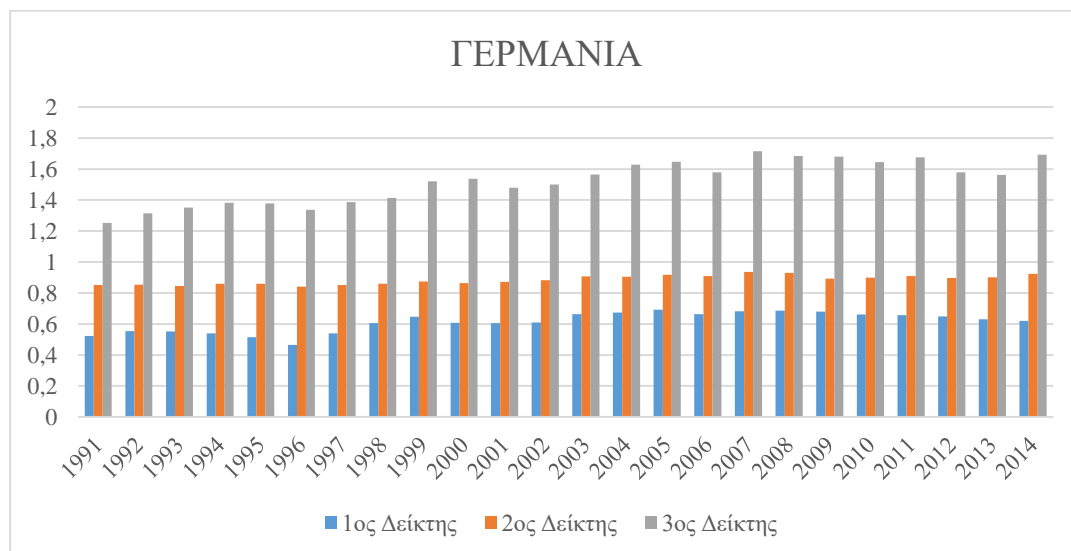
Κίνα

Η Κίνα στο διάγραμμα 4.5, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, εμφανίζει αύξηση το χρονικό διάστημα 1991-1993 σε ποσοστό 0,7% την οποία ακολουθεί μείωση το διάστημα 1993-1996 κατά 5,6%, ενώ το διάστημα 1996-2001 αυξάνεται κατά 8,5%, με μια μείωση από το 1999 στο 2000 κατά 1,1%. Από το 2001 και μέχρι το 2014 παρουσιάζει πτωτική πορεία σε ποσοστό 9,9%. Σχετικά με τον 2^ο και 3^ο δείκτη, αυτοί παραμένουν σταθεροί για όλο το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα 1991-2014.

Γερμανία

Η Γερμανία, παρατηρώντας το διάγραμμα 4.6 για τον 1^ο δείκτη, το 1992 παρουσιάζει αύξηση κατά 2,9% σε σχέση με το 1991, από το 1992 έως το 1996 η αποδοτικότητα μειώνεται κατά 38,8% και από το 1996 μέχρι το 1999 παρουσιάζει άνοδο κατά 18,2%. Το χρονικό διάστημα 1999-2001 εμφανίζει μείωση κατά 4,2%, το 2001-2005 αυξάνεται κατά 8,8%, από το 2005 στο 2006 μειώνεται κατά 3%, ενώ το διάστημα 2006-2008 αυξάνεται πάλι κατά 2,5%. Την τελευταία χρονική περίοδο 2008-2014 παρουσιάζει πτωτική πορεία σε ποσοστό 6,8%. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις ανά έτος εμφανίζοντας μία αύξηση της αποδοτικότητας από την αρχή της εξεταζόμενης περιόδου (1991) μέχρι το τέλος της (2014) σε ποσοστό 7,3%.

Διάγραμμα 4.6: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Γερμανία το χρονικό διάστημα 1991-2014



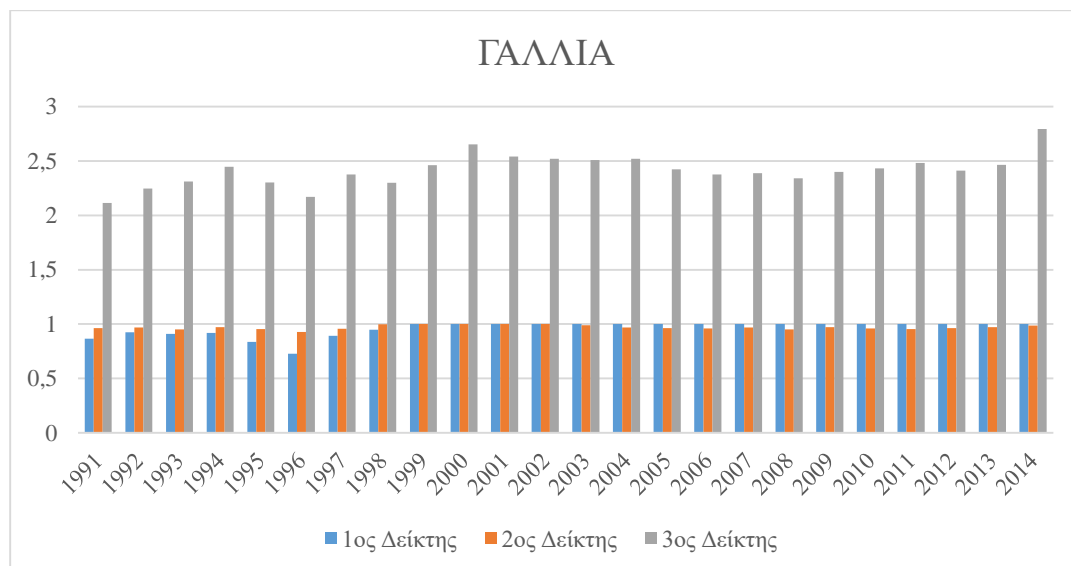
Όσον αφορά τον 3^ο δείκτη παρουσιάζει για το χρονικό διάστημα 1991-1994 αύξηση κατά 12,9%, το 1994-1996 μείωση κατά 4,5%, το 1996-2000 αύξηση κατά 20%, ενώ από το 2000

στο 2001 εμφανίζει πτώση κατά 5,7%. Τη χρονική περίοδο 2001-2005 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 16,8%, η οποία ανακόπτεται το 2006 σημειώνοντας πτώση κατά 6,9% και συνεχίζει με άνοδο την επόμενη χρονιά (2007) κατά 13,7% σε σχέση με το 2006. Από το 2007 μέχρι το 2013 εμφανίζεται πτώση σε ποσοστό 15%, με το 2011 μόνο να αυξάνεται σε σχέση με το 2010 κατά 3%, ενώ από το 2013 στο 2014 παρατηρείται άνοδος σε ποσοστό 13%.

Γαλλία

Η Γαλλία εμφανίζει, για τον 1^ο δείκτη, μια αυξητική τάση από το 1991 έως το 1994 κατά 5,1%, παρεμβάλλοντας μία πτώση από το 1992 στο 1993 κατά 1,5%, και από το 1994 μέχρι το 1996 πάλι μειώνεται κατά 19,2%. Όμως, από το 1996 μέχρι το 1999 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 27,3% διατηρώντας για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα 1999-2014 σταθερή πορεία. Όσον αφορά το 2^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1994 αυξάνεται κατά 0,8%, παρεμβάλλοντας μία πτώση από το 1992 στο 1993 κατά 1,5%. Στη συνέχεια, από το 1994 έως το 1996 μειώνεται κατά 4,4%, ενώ από το 1996 μέχρι το 1999 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 7,2% η οποία σταθεροποιείται το διάστημα 1999-2002. Από το 2002 μέχρι το 2012 παρουσιάζει πτώση κατά 3,6%, ενώ το διάστημα 2012-2014 αυξάνεται ξανά σε ποσοστό 2,4%.

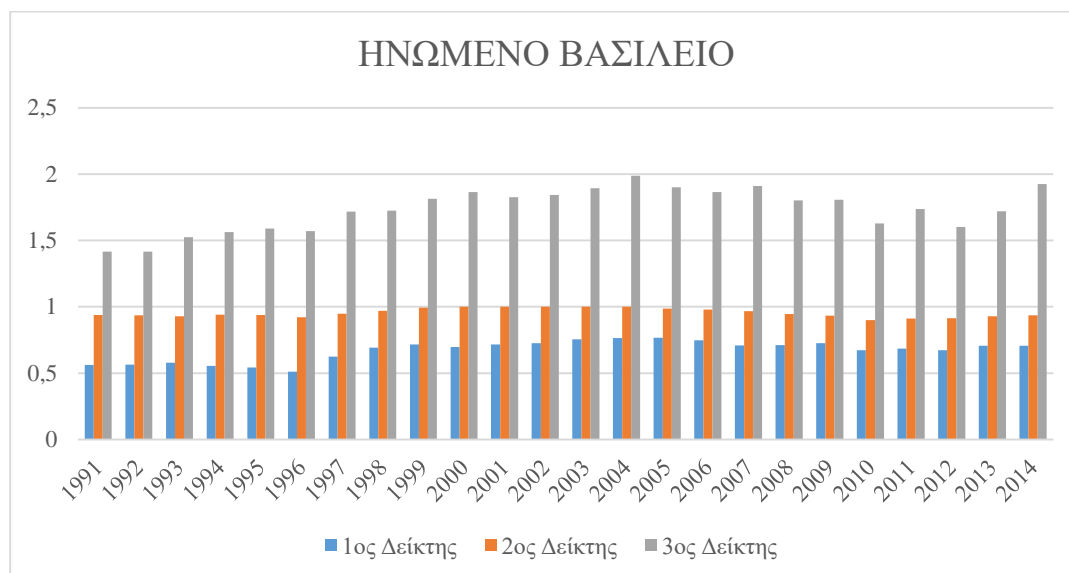
Διάγραμμα 4.7: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για την Γαλλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, παρατηρούμε ότι τη χρονική περίοδο 1991-1994 αυξάνεται κατά 33,2%, το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 27,7%, ενώ το 1996-2000 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 48,4%. Από το 2000 μέχρι και το 2008 εμφανίζει καθοδική πορεία κατά 31,3%,

συνεχίζοντας το διάστημα 2008-2011 ξανά άνοδο σε ποσοστό 14,1%, η οποία ανακάμπτεται από το 2011 στο 2012 κατά 7%, ενώ τέλος, εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 38% από το 2012 στο 2014.

Διάγραμμα 4.8: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για το Ηνωμένο Βασίλειο το χρονικό διάστημα 1991-2014



Ηνωμένο Βασίλειο

Το διάγραμμα 4.8 μας δείχνει για τον 1^ο δείκτη ότι για το Ηνωμένο Βασίλειο το χρονικό διάστημα 1991-1993 η αποδοτικότητα αυξάνεται κατά 1,7% και το 1993-1996 μειώνεται κατά 6,6%. Από το 1996 μέχρι το 2005 εμφανίζεται μια ανοδική πορεία με ποσοστό 25,6%, σημειώνοντας μόνο μια μικρή πτώση από το 1999 στο 2000 κατά 1,9%. Από το 2005 έως το 2007 παρατηρείται μείωση κατά 5,7%, το 2007-2009 αυξάνεται πάλι κατά 1,7%, ενώ από το 2009 μέχρι το 2014 σημειώνονται αυξομειώσεις ανά έτος. Σε σχέση με το 2^ο δείκτη, τη χρονική περίοδο 1991-1993 μειώνεται κατά 0,9%, από το 1993 στο 1994 αυξάνεται κατά 1,2%, από το 1994 μέχρι το 1996 μειώνεται κατά 2% και στη συνέχεια παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1996 μέχρι το 2000 κατά 7,9%, οπότε παραμένει σταθερός μέχρι το 2004. Το χρονικό διάστημα 2004-2010 σημειώνεται πτώση σε ποσοστό 9,9% και τέλος το 2010-2014 αυξάνεται πάλι κατά 3,5%.

Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1991 μέχρι το 2000 σε ποσοστό 44,9%, με μια μόνο μείωση από το 1995 στο 1996 κατά 1,9%. Πάλι από το 2000 στο 2001 παρατηρείται μείωση κατά 4% την οποία ακολουθεί το διάστημα αύξησης 2001-2004 σε ποσοστό 16,1%. Το χρονικό διάστημα 2004-2006 μειώνεται κατά 12,2%, ενώ το 2007 αυξάνεται κατά 4,6% σε

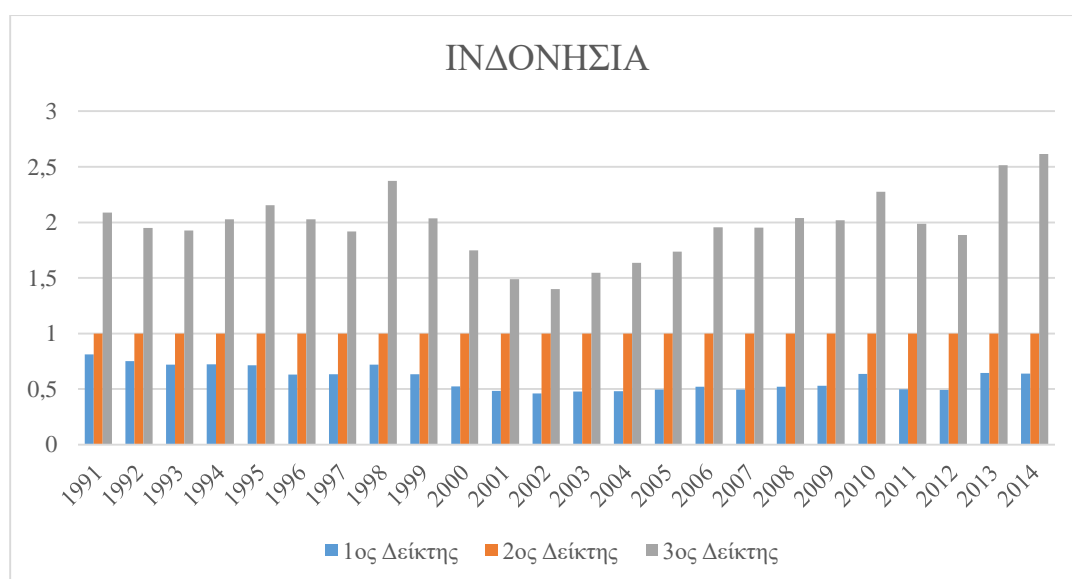
σχέση με το 2006 και, στη συνέχεια, μειώνεται από το 2007 έως το 2012 κατά 31%, με μόνο μια αύξηση από το 2010 στο 2011 κατά 11%. Το τελευταίο χρονικό διάστημα 2012-2014 εμφανίζεται άνοδος σε ποσοστό 32,5%.

Ινδονησία

Ο 1^{ος} δείκτης για την Ινδονησία μας δείχνει μείωση για τη χρονική περίοδο 1991-1996 σε ποσοστό 18,1%, το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 8,7%, ενώ το 1998-2002 μειώνεται πάλι κατά 25,7%. Από το 2002 μέχρι το 2010 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 17,4%, με μια μείωση από το 2006 στο 2007 κατά 2,5%, από το 2010 στο 2012 σημειώνεται μείωση κατά 14,4%, το 2013 αυξάνεται πάλι κατά 15,3% σε σχέση με το 2012, ενώ την επόμενη χρονιά (2014) παρουσιάζει πτώση κατά 0,6%. Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Ο 3^{ος} δείκτης από το 1991 μέχρι το 1993 μειώνεται κατά 16%, το διάστημα 1993-1995 αυξάνεται κατά 22,7%, ενώ το 1995-1997 έχει καθοδική πορεία σε ποσοστό 23,8%. Το έτος 1998 σημειώνεται μια μεγάλη άνοδος κατά 45,7% σε σχέση με το 1997, από το οποίο (1998) και μέχρι το 2002 επέρχεται πτώση κατά 97,4%. Το χρονικό διάστημα 2002-2010 παρουσιάζεται αύξηση κατά 87,5%, εμφανίζοντας μια πτώση το 2009 σε σχέση με το 2008 κατά 2%. Από το 2010 έως το 2012 μειώνεται σε ποσοστό 38,7%, ενώ το διάστημα 2012-2014 έχει ανοδική πορεία κατά 72,7%.

Διάγραμμα 4.9: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ινδονησία το χρονικό διάστημα 1991-2014

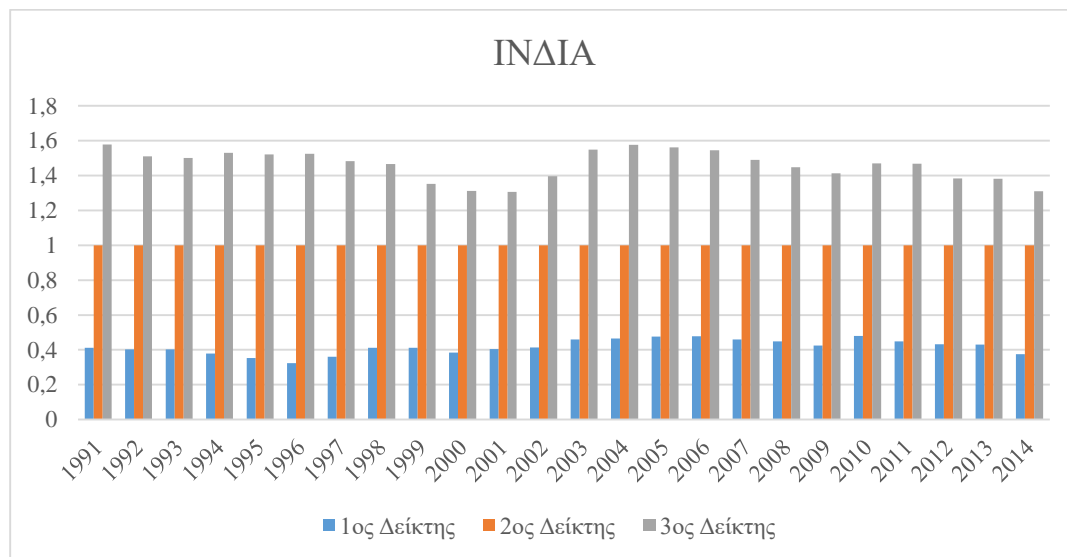


Ινδία

Η Ινδία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, παρουσιάζει πτωτική τάση το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 8,8%, το 1996-1999 αυξάνεται κατά 8,8%, από το 1999 στο 2000 μειώνεται κατά 2,7% και το διάστημα 2000-2006 εμφανίζει ανοδική πορεία κατά 9,3%. Από το 2006 μέχρι το 2009 μειώνεται κατά 5,4%, το 2010 παρουσιάζει μια άνοδο σε ποσοστό 5,5% σε σχέση με το 2009 και από το 2010 έως το 2014 μειώνεται κατά 10,4%. Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1993 εμφανίζει μείωση κατά 7,6%, αυξάνοντας κατά 2,9% από το 1993 στο 1994. Από το 1994 μέχρι το 2001 παρατηρείται πτώση κατά 22,4%, το διάστημα 2001-2004 παρουσιάζει πάλι ανοδική πορεία κατά 27% και ακολουθεί πτώση από το 2004 έως το 2009 σε ποσοστό 16,4%. Τέλος, από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 5,7% και την περίοδο 2010-2014 ξανά εμφανίζει καθοδική τάση σε ποσοστό 16%.

Διάγραμμα 4.10: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ινδία το χρονικό διάστημα 1991-2014



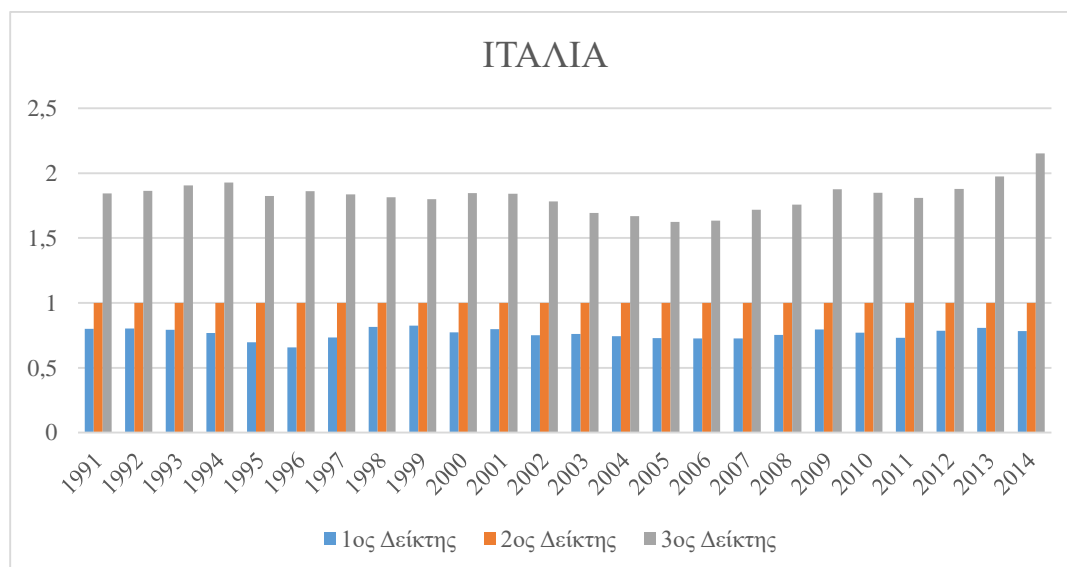
Ιταλία

Για την Ιταλία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, από το διάγραμμα 4.11 παρατηρούμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 εμφανίζει πτωτική πορεία κατά 14,3%, με μία μικρή αύξηση από το 1991 στο 1992 κατά 0,3%. Το επόμενο χρονικό διάστημα 1996-1999 εμφανίζει αύξηση σε ποσοστό 16,8%, ενώ από το 1999 έως το 2003 παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος, φτάνοντας το χρονικό διάστημα 2003-2007 να παρουσιάζει μικρή πτώση κατά 3,5%. Στη συνέχεια, το

διάστημα 2007-2009 αυξάνει κατά 6,8%, το 2009-2011 μειώνεται σε ποσοστό 6,4% από το 2011 έως το 2013 αυξάνεται πάλι κατά 7,7% για να μειωθεί το 2014 κατά 2,4% σε σχέση με το 2013.

Σχετικά με τον 2^ο δείκτη παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια των ετών. Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει άνοδο από το 1991 έως το 1994 κατά 8,4%, από το 1994 στο 1995 μειώνεται σε ποσοστό 10,4% και ξανά αυξάνεται από το 1995 στο 1996 κατά 3,7%. Το χρονικό διάστημα 1996-1999 παρατηρείται μείωση κατά 6%, αυξάνεται κατά 4,7% από το 1999 στο 2000 και συνεχίζει πτωτικά από το 2000 μέχρι το 2005 κατά 22,2%. Κατόπιν, το χρονικό διάστημα 2005-2009 εμφανίζει άνοδο σε ποσοστό 25%, ακολουθεί πτώση κατά 6,5% το 2009-2011 και, τέλος, τα έτη 2011 έως 2014 αυξάνεται κατά 34,2%.

Διάγραμμα 4.11: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ιταλία το χρονικό διάστημα 1991-2014

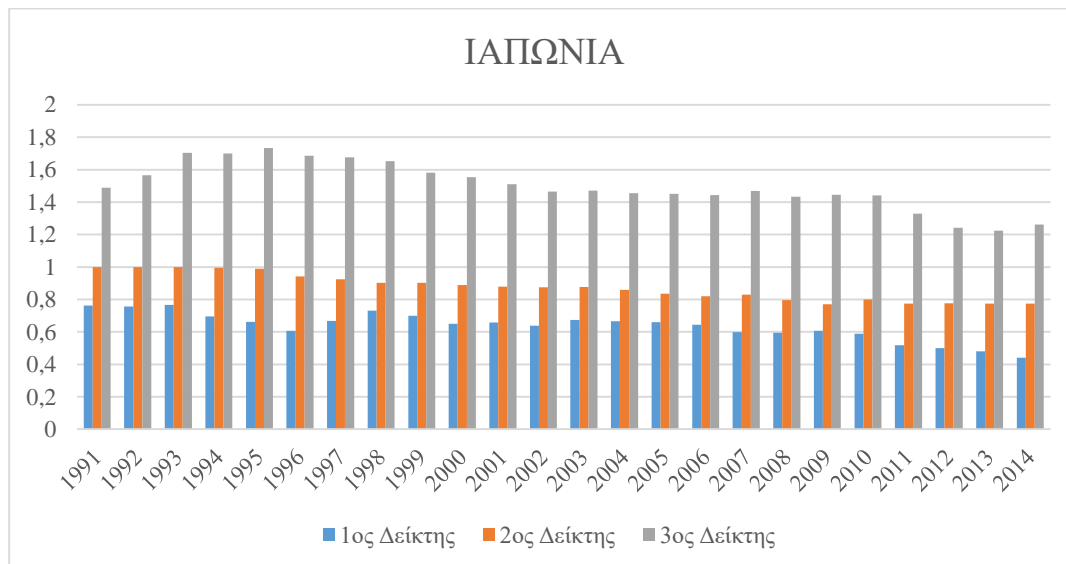


Ιαπωνία

Ο 1^{ος} δείκτης για την Ιαπωνία, όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα 4.12, το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει μείωση κατά 15,7%, με μια μικρή άνοδο από το έτος 1992 στο 1993 κατά 0,9%. Το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 12,5%, ενώ το 1998-2002 μειώνεται κατά 9,2%, εμφανίζοντας μια μικρή αύξηση μεταξύ των ετών 2000-2001 κατά 0,9%. Από το 2002 στο 2003 αυξάνεται κατά 3,5%, το διάστημα 2003-2008 παρουσιάζει πτώση σε ποσοστό 7,9%, αυξάνεται για μια χρονιά από το 2008 στο 2009 κατά 1,3% και, τελικά, ακολουθεί καθοδική πορεία από το 2009 μέχρι το 2014 κατά 16,6%.

Ο 2^{ος} δείκτης εμφανίζει πτωτική τάση από το 1991 μέχρι το 2014 σε ποσοστό 22,5% και μόνο από το έτος 2002 στο 2003 και από το 2006 στο 2007 παρατηρείται μικρή άνοδος κατά 0,3% και 1%, αντίστοιχα. Επίσης, και το έτος 2010 αυξάνεται σε σχέση με το 2009 κατά 2,9%. Όσον αφορά τον 3^ο δείκτη παρουσιάζει άνοδο τη χρονική περίοδο 1991-1995 κατά 24,4%, ενώ το 1995-2006 μειώνεται κατά 29%. Το 2007 σε σχέση με το 2006 αυξάνεται κατά 2,6% και το 2008 σε σχέση με το 2007 μειώνεται κατά 3,5%. Από το 2008 στο έτος 2009 αυξάνεται κατά 1,2%, έπειτα το διάστημα 2009-2013 εμφανίζει καθοδική πορεία σε ποσοστό 22,3% και από το 2013 στο 2014 αυξάνεται κατά 3,8%.

Διάγραμμα 4.12: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ιαπωνία το χρονικό διάστημα 1991-2014



Κορέα

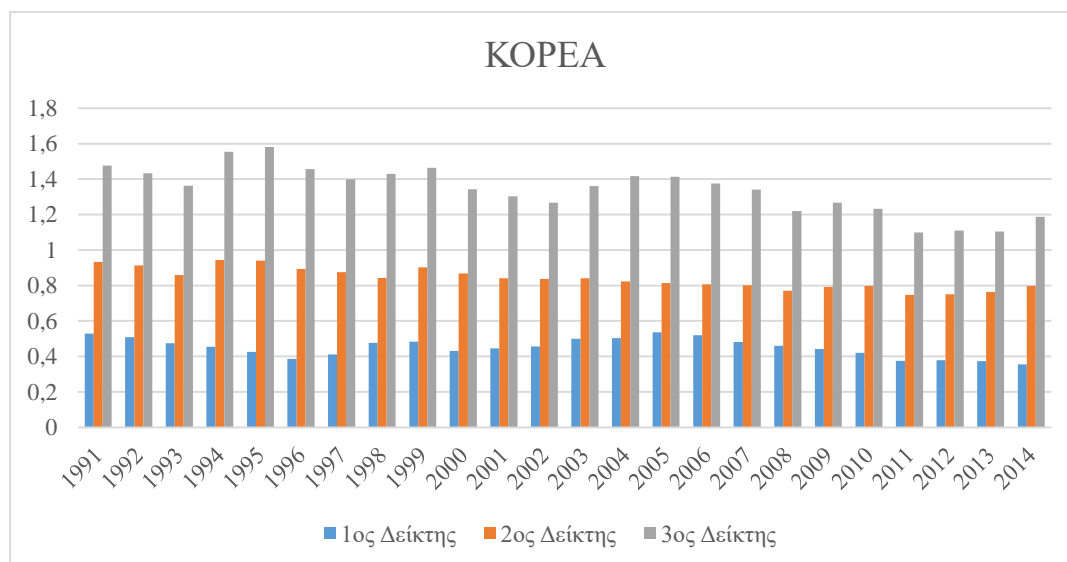
Για την Κορέα, παρατηρώντας τον 1^ο δείκτη στο διάγραμμα 4.13, διαπιστώνουμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 η αποδοτικότητά της έχει πτωτική τάση σε ποσοστό 14,2%. Ακολουθεί άνοδος για το διάστημα 1996-1999 κατά 9,8%, μειώνεται για μια χρονιά από το 1999 στο 2000 κατά 5,2% και εμφανίζει πάλι αύξηση την περίοδο 2000-2005 σε ποσοστό 10,4%. Από το 2005 μέχρι και το 2014 σημειώνεται μείωση κατά 18%, με μία μικρή αύξηση από το 2011 στο 2012 κατά 0,5%.

Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει πτώση από το 1991 στο 1993 κατά 7,3%, στη συνέχεια αυξάνεται από το 1993 στο 1994 κατά 8,5% και πάλι μειώνεται το χρονικό διάστημα 1994-1998 κατά 10,1%. Ομοίως, αυξάνεται για μία χρονιά από το 1998 στο 1999 κατά 6% και στη συνέχεια εμφανίζει πτωτική τάση το διάστημα 1999-2008 σε ποσοστό 13,3%, με μία μικρή άνοδο από

το 2001 στο 2002 κατά 0,4%. Το χρονικό διάστημα 2008-2010 αυξάνεται κατά 2,8%, ακολουθεί μείωση κατά 5% από το 2010 στο 2011 και το 2011-2014 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 5,1%.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το διάστημα 1991-1993 μειώνεται κατά 11,4%, το 1993-1995 αυξάνεται κατά 21,8%, το 1995-1997 μειώνεται κατά 18,2%, το 1997-1999 αυξάνεται κατά 6,5%, ενώ το 1999-2002 μειώνεται ξανά κατά 19,8%. Ακολούθως, τη χρονική περίοδο 2002-2004 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 15,1%, το 2004-2008 μειώνεται κατά 19,7% και από το 2008 στο 2009 αυξάνεται κατά 4,7%. Στη συνέχεια, από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 13,3% και το χρονικό διάστημα 2011-2014 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 8,8%, με μια μικρή μείωση από το 2012 στο 2013 κατά 0,6%.

Διάγραμμα 4.13: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Κορέα το χρονικό διάστημα 1991-2014



Μεξικό

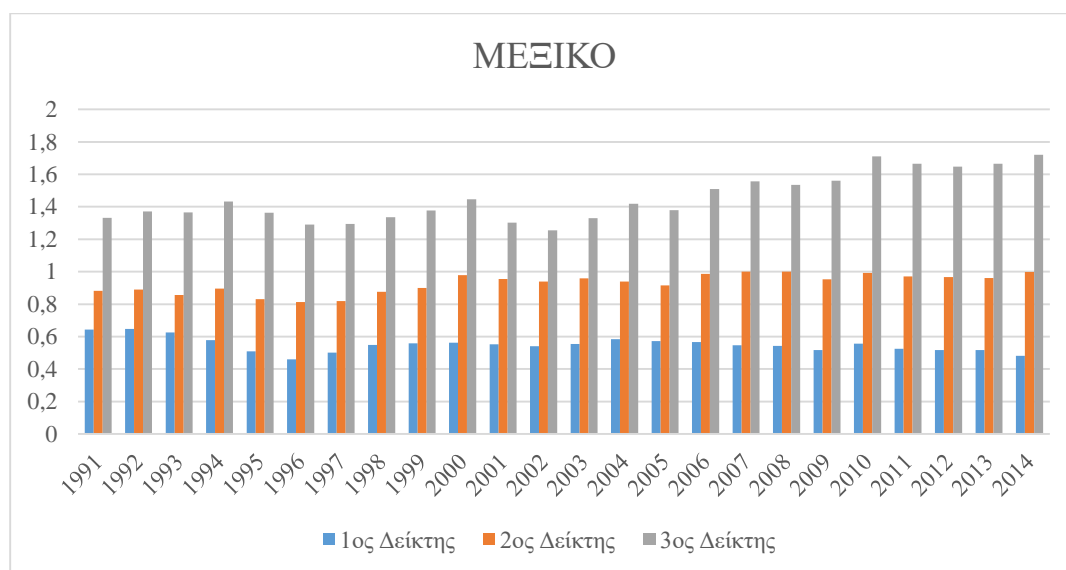
Σχετικά με τον 1^ο δείκτη το Μεξικό εμφανίζει μια καθοδική πορεία το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 18,4%, το 1996-2000 αυξάνεται κατά 10,4%, από το 2000 στο 2002 μειώνεται κατά 2,2% και το 2002-2004 αυξάνεται κατά 4,2%. Στη συνέχεια, την περίοδο 2004-2009 εμφανίζει πτώση σε ποσοστό 6,6%, από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 4% και το 2010-2014 πάλι μειώνεται κατά 7,5%.

Όσον αφορά το 2^ο δείκτη από το 1991 έως το 1994 εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος, από το 1994 μέχρι το 1996 μειώνεται κατά 8,2% και το διάστημα 1996-2000 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 16,5%. Τη χρονική περίοδο 2000-2002 μειώνεται κατά 3,9%, από το 2002 στο 2003

αυξάνεται κατά 2% και από το 2003 στο 2005 πάλι μειώνεται κατά 4,3%. Το χρονικό διάστημα 2005-2008 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 8,4%, από το 2008 στο 2009 μειώνεται κατά 4,7%, στη συνέχεια από το 2009 μέχρι το 2010 αυξάνεται κατά 3,9%, το διάστημα 2010-2013 πάλι μειώνεται κατά 3,1% και, τέλος, από το 2013 στο 2014 εμφανίζει μια αύξηση κατά 3,7%.

Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος από το 1991 έως το 1994, στη συνέχεια το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 14,3% και το 1996-2000 αυξάνεται κατά 15,5%. Από το 2000 μέχρι το 2002 μειώνεται κατά 19% και το διάστημα 2002-2007 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 30,2%, με μια μικρή μείωση από το 2004 στο 2005 κατά 3,8%. Από το 2007 στο 2008 μειώνεται κατά 2,3%, ακολουθεί αύξηση κατά 17,6% το διάστημα 2008-2010, από το 2010 στο 2012 μειώνεται κατά 6,4% και, τελικά, την περίοδο 2012-2014 αυξάνεται κατά 7,5%.

Διάγραμμα 4.14: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για το Μεξικό το χρονικό διάστημα 1991-2014



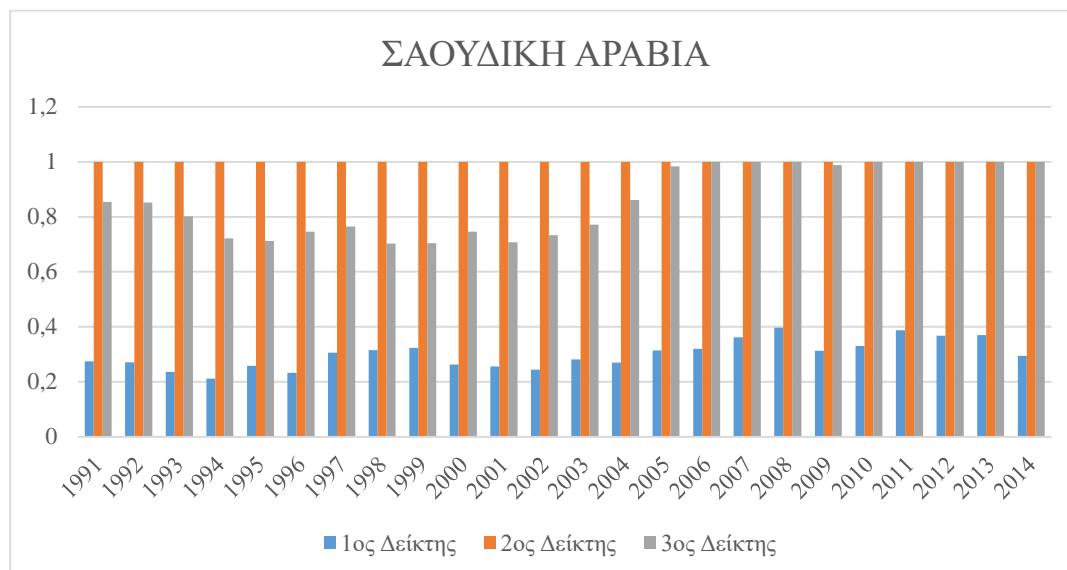
Σαουδική Αραβία

Η Σαουδική Αραβία, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.15, για τον 1^ο δείκτη παρουσιάζει μείωση το χρονικό διάστημα 1991-1994 σε ποσοστό 6,2%, από το 1994 στο 1995 αυξάνεται κατά 4,6%, από το 1995 στο 1996 μειώνεται πάλι κατά 2,6% και το διάστημα 1996-1999 αυξάνεται κατά 9%. Ακολούθως, το χρονικό διάστημα 1999-2002 εμφανίζει μείωση κατά 7,8%, από το 2002 στο 2003 αυξάνεται κατά 3,7% και το διάστημα 2003-2008 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 11,5%, με μια μικρή μείωση από το 2003 στο 2004 κατά 1,2%. Από το 2008 στο

2009 μειώνεται κατά 8,3%, έπειτα το διάστημα 2009-2011 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 7,4% και το 2011-2014 μειώνεται ξανά κατά 9,3%.

Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1995 μειώνεται κατά 14,2%, το 1995-1997 αυξάνεται κατά 5,2%, από το 1997 στο 1998 μειώνεται κατά 6,2% και το διάστημα 1998-2000 αυξάνεται κατά 4,3%. Από το έτος 2000 στο 2001 εμφανίζει μείωση κατά 3,8%, από το 2001 μέχρι το 2006 αυξάνεται κατά 29,2% και το διάστημα 2006-2014 παραμένει σταθερός, με μια μικρή μείωση από το 2008 στο 2009 σε ποσοστό 1,2%.

Διάγραμμα 4.15: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τη Σαουδική Αραβία το χρονικό διάστημα 1991-2014



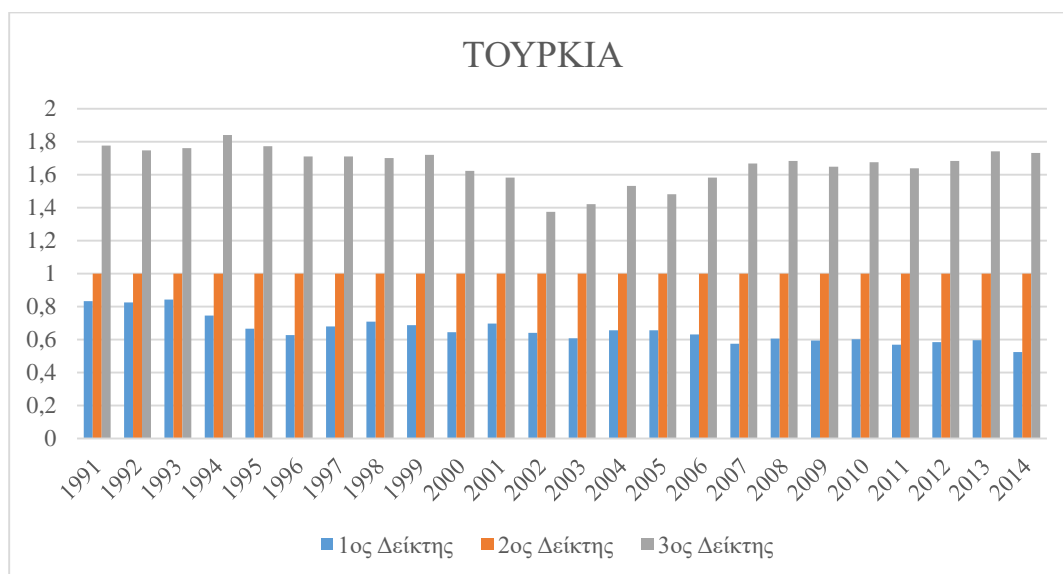
Τουρκία

Όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.16 για την Τουρκία, το χρονικό διάστημα 1991-1993 παρουσιάζει αυξομειώσεις και από το 1993 μέχρι το 1996 σημειώνει μείωση σε ποσοστό 21,4%. Το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 8,1%, το 1998-2000 μειώνεται κατά 6,5%, από το 2000 στο 2001 αυξάνεται κατά 5,2% και από το 2001 στο 2003 μειώνεται ξανά κατά 8,8%. Το διάστημα 2003-2005 αυξάνεται κατά 4,9%, το 2005-2007 μειώνεται κατά 8,2%, το 2007-2010 αυξάνεται κατά 2,5%, ενώ από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 3%. Τέλος, από το 2011 μέχρι το 2013 αυξάνεται κατά 2,6% και από το 2013 στο 2014 μειώνεται ξανά σε ποσοστό 7,1%.

Σχετικά με τον 2^ο δείκτη παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια των ετών. Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει μείωση από το 1991 στο 1992 κατά 3%, ενώ από το 1992 στο 1994 αυξάνεται

κατά 9,3%. Το χρονικό διάστημα 1994-1998 εμφανίζει μείωση κατά 13%, με μια μικρή άνοδο από το 1996 στο 1997 κατά 0,2% και από το 1998 στο 1999 ξανά αυξάνεται κατά 1,9%. Έπειτα, τη χρονική περίοδο 1999-2002 παρουσιάζει πτωτική τάση σε ποσοστό 34,5% και από το 2002 έως το 2008 αυξάνεται κατά 30,8%, με μια πτώση από το 2004 στο 2005 κατά 5%. Από το έτος 2008 στο 2011 μειώνεται κατά 4,4%, με μια μικρή αύξηση από το 2009 στο 2010 κατά 2,7%, το διάστημα 2011-2013 αυξάνεται κατά 10,2% και, τέλος, από το 2013 στο 2014 εμφανίζει μείωση κατά 0,9%.

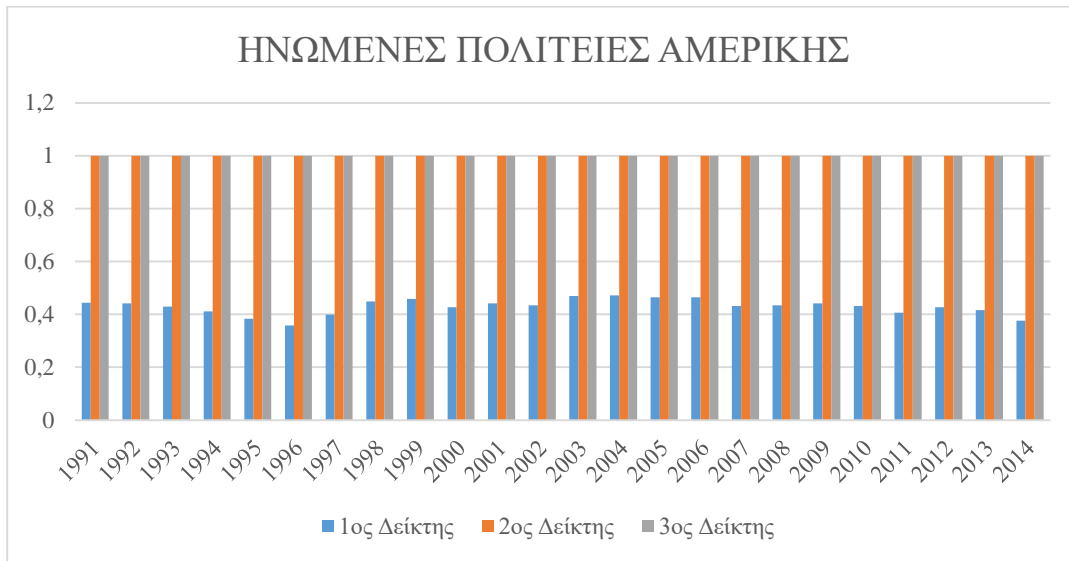
Διάγραμμα 4.16: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Τουρκία το χρονικό διάστημα 1991-2014



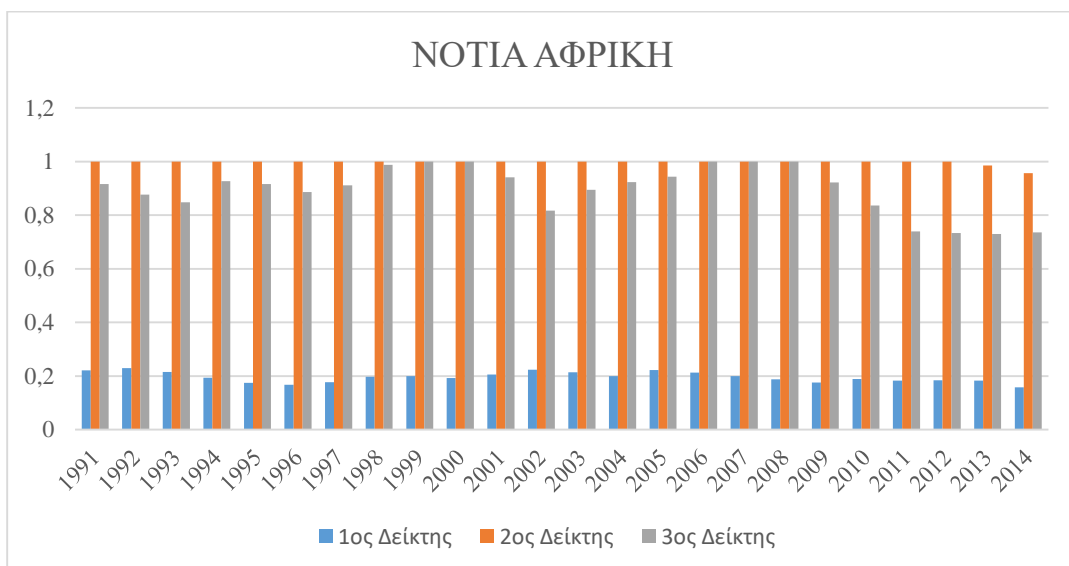
Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Αναλύοντας το διάγραμμα 4.17 για τις ΗΠΑ παρατηρούμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 ο 1^{ος} δείκτης μειώνεται σε ποσοστό 8,6%, το 1996-1999 αυξάνεται κατά 10,1%, ενώ από το 1999 μέχρι το 2002 παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος. Από το 2002 στο 2004 αυξάνεται πάλι κατά 3,8%, το διάστημα 2004-2007 μειώνεται κατά 4%, το 2007-2009 αυξάνεται κατά 0,9%, το 2009-2011 μειώνεται κατά 3,5%, από το 2011 στο 2012 αυξάνεται λίγο κατά 2% και τέλος την περίοδο 2012-2014 εμφανίζει καθοδική πορεία σε ποσοστό 5,2%. Όσον αφορά το 2^ο και τον 3^ο δείκτη, αυτοί παραμένουν σταθεροί καθόλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.

Διάγραμμα 4.17: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τις ΗΠΑ το χρονικό διάστημα 1991-2014



Διάγραμμα 4.18: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τη Νότια Αφρική το χρονικό διάστημα 1991-2014



Νότια Αφρική

Ο 1^{ος} δείκτης για τη Νότια Αφρική (διάγραμμα 4.18) εμφανίζει πτωτική τάση το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 5,4%, με μία μικρή αύξηση από το 1991 στο 1992 κατά 0,9%. Από το 1996 μέχρι το 2002 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 5,7%, με μια μικρή πτώση από το 1999 στο 2000 κατά 0,7% και από το 2002 έως το 2004 μειώνεται πάλι κατά 2,4%. Από το έτος 2004 στο 2005 αυξάνεται κατά 2,2% για να ακολουθήσει η περίοδος 2005-2009 με πτωτική

πορεία κατά 4,6%. Από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 1,3%, στη συνέχεια εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος το διάστημα 2010-2014, φτάνοντας να μειώνεται από το 2013 στο 2014 σε ποσοστό 2,4%.

Σχετικά με το 2^ο δείκτη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.18, αυτός παραμένει σταθερός από το 1991 μέχρι το 2012 και μόνο το διάστημα 2012-2014 παρουσιάζει μείωση κατά 4,4%. Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει μείωση για τη χρονική περίοδο 1991-1993 σε ποσοστό 6,7%, από το 1993 στο 1994 αυξάνεται κατά 7,9% και το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 4,1%. Το χρονικό διάστημα 1996-2000 αυξάνεται κατά 11,4%, το 2000-2002 μειώνεται κατά 18,4% και το 2002-2008 αυξάνεται πάλι σε ποσοστό 18,4%. Τέλος, την περίοδο 2008-2013 μειώνεται κατά 27% και από το 2013 στο 2014 παρουσιάζει μια μικρή άνοδο σε ποσοστό 0,5%.

Πιο αναλυτικά οι τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικότητας ανά χώρα και ανά έτος παρουσιάζονται στον πίνακα Δ.1 στο παράρτημα Δ.

4.3 Δεσμευτική περίοδος 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο

Με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο τόσο οι ανεπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες συμφώνησαν να λάβουν μέτρα για να μειώσουν τις εκπομπές τους σε ρυπογόνες ουσίες και να προσαρμοστούν στις μελλοντικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, λόγω της κλιματικής αλλαγής που επιφέρουν. Συγκεκριμένα, έθεσαν όριο που αφορά στη συγκράτηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω των 2°C σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο (1990). Η πλειοψηφία των χωρών που υπέγραψαν τη συμφωνία δεν δεσμεύονται σε μειώσεις των εκπομπών ρύπων. Ωστόσο, η υποομάδα των χωρών που ανήκουν στο Annex 1 (παράρτημα Α) δεσμεύτηκαν στη μείωση των εκπομπών των ρύπων τους σε συγκεκριμένα ποσοστά, με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στην παρούσα μελέτη οι χώρες της G-20 που ανήκουν στο Annex 1 και θα συγκρίνουμε την περιβαλλοντική τους αποδοτικότητα και eco-efficiency στα τρία χρονικά διαστήματα 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014 είναι οι Αυστραλία, Καναδάς, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ιαπωνία και Ηνωμένο Βασίλειο. Η συμμόρφωση ή μη με περιβαλλοντικές πολιτικές που σκοπό έχουν τη μείωση του επιπέδου των εκπομπών του CO₂, με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο, αποτυπώνεται στις περιβαλλοντικές αποδοτικότητες. Επιπρόσθετα, θα γίνει η σύγκριση και για τους δύο μεγαλύτερους ρυπαντές που είναι και οι κύριοι υπαίτιοι για τις παγκόσμιες εκπομπές

διοξειδίου του άνθρακα (Wang et al., 2017), της Κίνας και των ΗΠΑ οι οποίες τέθηκαν εκτός δέσμευσης για την περίοδο 2008-2012.

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποδοτικότητων των 18 εξεταζόμενων χωρών για κάθε έναν δείκτη. Στη δική μας ανάλυση θα επικεντρωθούμε στις 7 χώρες που προαναφέρθηκαν για τις τρεις χρονικές περιόδους και ξεχωριστά θα γίνει αναφορά για την Κίνα και τις ΗΠΑ. Όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, την περίοδο 1991-2007 κατά Μ.Ο. πιο αποδοτικές με ποσοστό πάνω του 75% εμφανίζονται η Ιταλία (0.7588) και η Γαλλία (0.9424), μεταξύ 75% και 50% είναι η Γερμανία (0.5966), το Ηνωμένο Βασίλειο (0.6603) και η Ιαπωνία (0.6787) και κάτω του 50% η Αυστραλία (0.3948) και ο Καναδάς (0.4053). Στην περίοδο 2007-2012 οι χώρες που αύξησαν την αποδοτικότητά τους, σε σχέση με την προηγούμενη χρονική περίοδο, είναι η Γερμανία κατά 7,3%, η Γαλλία κατά 5,8%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 3,6% και η Ιταλία κατά 0,2%. Αντίστοιχα, αυτές που μείωσαν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 1,8%, ο Καναδάς κατά 1,1% και η Ιαπωνία κατά 11%. Την περίοδο 2012-2014, σε σύγκριση με την προηγούμενη περίοδο, η μοναδική χώρα που συνεχίζει να αυξάνει την αποδοτικότητά της είναι η Ιταλία κατά 3,2%, μαζί με τη Γαλλία που παραμένει σταθερή ως πλήρως αποδοτική (με την αποδοτικότητά της να ισούται με τη μονάδα). Από την άλλη, οι χώρες που εξακολουθούν να μειώνουν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 1,7%, ο Καναδάς κατά 2,2% και η Ιαπωνία κατά 9,4%.

Παρατηρώντας τον 2^ο δείκτη, την χρονική περίοδο 1991-2007 κατά Μ.Ο. και οι 7 χώρες παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα αποδοτικότητας με τη Γερμανία να έχει τη χαμηλότερη τιμή (0.8761). Η Ιταλία είναι πλήρως αποδοτική, ενώ οι υπόλοιπες τείνουν να γίνουν πλήρως αποδοτικές πλησιάζοντας τη μονάδα. Την περίοδο 2007-2012 μόνο η Ιταλία παρέμεινε πλήρως αποδοτική (1.00) και η Γερμανία την αύξησε κατά 3,5%. Οι υπόλοιπες πέντε μείωσαν την αποδοτικότητά τους σε ποσοστά: η Αυστραλία κατά 2,1%, ο Καναδάς κατά 10%, η Γαλλία κατά 1,2%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 3,9% και η Ιαπωνία κατά 12,2%. Την τρίτη εξεταζόμενη περίοδο 2012-2014 η Ιταλία εξακολουθεί να εμφανίζεται πλήρως αποδοτική, ενώ αυτές που αύξησαν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 3,6% και η Γαλλία κατά 1,3%. Αυτές στις οποίες σημειώθηκε μείωση είναι ο Καναδάς κατά 4,4%, η Γερμανία κατά 0,3%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 0,3% και η Ιαπωνία κατά 1,6%.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη τη χρονική περίοδο 1991-2007 η μοναδική χώρα της οποίας η αποδοτικότητα κατά Μ.Ο. κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα είναι η Γαλλία (2.3917). Η Αυστραλία και ο Καναδάς κατά Μ.Ο. είναι κοντά στη μονάδα με τιμές 1.0823 και 1.1405, αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες τέσσερις κυμαίνονται από την τιμή 1.4695 (Γερμανία) μέχρι την τιμή 1.7931 (Ιταλία). Κατά τη περίοδο 2007-2012, δεσμευτική περίοδο εφαρμογής του Πρωτόκολλου του

Κιότο, παρατηρούμε αύξηση της αποδοτικότητας για τις χώρες: Αυστραλία κατά 1,47%, Καναδά κατά 3,3%, Γερμανία κατά 19%, Γαλλία κατά 1,7%, Ηνωμένο Βασίλειο κατά 1,6% και Ιταλία κατά 2,1%. Η μοναδική χώρα που παρουσιάζει μείωση είναι η Ιαπωνία κατά 17,1%. Στην τρίτη εξεταζόμενη περίοδο 2012-2014 παρέμειναν σε ανοδική πορεία οι χώρες: Αυστραλία κατά 1,5%, Γαλλία κατά 14,7%, Ηνωμένο Βασίλειο κατά 0,2% και Ιταλία κατά 18,7%. Αντίστοιχα, η αποδοτικότητα μειώθηκε για αυτή την περίοδο στον Καναδά κατά 2,1%, στη Γερμανία κατά 5,3% και στην Ιαπωνία κατά 15,1%.

Πίνακας 4.5: Μέσοι όροι των τριών δεικτών στα χρονικά διαστήματα 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014

ΧΩΡΑ	Μ.Ο. 1ου ΔΕΙΚΤΗ			Μ.Ο. 2ου ΔΕΙΚΤΗ			Μ.Ο. 3ου ΔΕΙΚΤΗ		
	1991-2007	2007-2012	2012-2014	1991-2007	2007-2012	2012-2014	1991-2007	2007-2012	2012-2014
Argentina	0.6384	0.5996	0.5734	1	1	1	1.9874	2.2126	2.1561
Australia	0.3948	0.3761	0.3591	0.9852	0.9642	1	1.0823	1.0990	1.1137
Brazil	0.9380	0.9284	0.7885	0.9963	1	0.9777	2.5459	3.0215	2.6308
Canada	0.4053	0.3940	0.3721	0.9469	0.8440	0.7995	1.1405	1.1731	1.1521
China	0.2618	0.2157	0.2026	1	1	1	1	1	1
Germany	0.5966	0.6698	0.6328	0.8761	0.9108	0.9075	1.4695	1.6631	1.6101
France	0.9424	1	1	0.9732	0.9615	0.9743	2.3917	2.4088	2.5560
United Kingdom	0.6603	0.6963	0.6948	0.9675	0.9286	0.9259	1.7309	1.7473	1.7489
Indonesia	0.6051	0.5289	0.5921	1	1	1	1.8801	2.0264	2.3382
India	0.4118	0.4482	0.4121	1	1	1	1.4828	1.4457	1.3589
Italy	0.7588	0.7604	0.7925	1	1	1	1.7931	1.8144	2.0012
Japan	0.6787	0.5683	0.4741	0.9128	0.7910	0.7750	1.5653	1.3941	1.2430
Korea, Rep.	0.4719	0.4265	0.3690	0.8669	0.7767	0.7712	1.4107	1.2122	1.1346
Mexico	0.5618	0.5341	0.5049	0.9079	0.9805	0.9754	1.3743	1.6127	1.6779
Saudi Arabia	0.2785	0.3595	0.3440	1	1	1	0.8036	0.9980	1
Turkey	0.6894	0.5884	0.5679	1	1	1	1.6467	1.6653	1.7179
United States	0.4341	0.4289	0.4066	1	1	1	1	1	1
South Africa	0.2023	0.1862	0.1749	1	1	0.9806	0.9286	0.8718	0.7325

Αναφορικά με την Κίνα και τις ΗΠΑ για τον 1^ο δείκτη παρατηρώντας τους Μ.Ο. των αποδοτικότητων τους για τις τρεις χρονικές περιόδους (πίνακας 4.5), αυτός έχει καθοδική πορεία. Συγκεκριμένα, για την Κίνα την περίοδο 2007-2012 η αποδοτικότητα κατά Μ.Ο.

μειώνεται κατά 4,6%, σε σχέση με το προηγούμενο διάστημα 1991-2007, και την χρονική περίοδο 2012-2014 πάλι μειώνεται, σε σχέση με τη δεσμευτική περίοδο του Κιότο (2007-2012), κατά 1,3%. Από τη μεριά τους, οι ΗΠΑ μειώνουν την αποδοτικότητά τους κατά 0,5% από την πρώτη περίοδο στη δεύτερη και από τη δεύτερη στην τρίτη χρονική περίοδο σε ποσοστό 2,2%. Σχετικά με τον 2^ο δείκτη, παραμένουν πλήρως αποδοτικές κατά Μ.Ο. και οι δύο χώρες κατά τη διάρκεια και των τριών χρονικών περιόδων. Τέλος, και ο 3^{ος} δείκτης κατά Μ.Ο. παραμένει σταθερός και για τις δύο χώρες για τις εξεταζόμενες περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, εμφανίζοντας, όμως, πολύ χαμηλές τιμές αποδοτικότητας (ίσες με τη μονάδα).

Κεφάλαιο 5

Σχολιασμός - Συμπεράσματα

Ανατρέχοντας στο 1992 και στη Διεθνή Διάσκεψη του Ρίο ντε Τζανέιρο, όπου για πρώτη φορά συνδέθηκε η έννοια του περιβάλλοντος με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, διαπιστώνουμε την ανησυχία και ευαισθητοποίηση της παγκόσμιας κοινότητας για την κλιματική αλλαγή και τις δυσμενείς επιπτώσεις της στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Μετά την κατάρτιση της «Ατζέντα 21» στο Ρίο, η επόμενη σημαντική διεθνής συμφωνία για το περιβάλλον ήταν αυτή του Πρωτοκόλλου του Κιότο το οποίο χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς της αγοράς για την επίλυση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η επιστημονική κοινότητα, από την πλευρά της, τις τελευταίες δεκαετίες ασχολήθηκε διεξοδικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και κατασκευάζοντας δείκτες περιβαλλοντικής απόδοσης. Μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας είναι αυτή της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, μιας μη παραμετρικής μεθόδου γραμμικού προγραμματισμού. Τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας από την εφαρμογή της ΠΑΔ αποτελούν σημαντικές ποιοτικές πληροφορίες για τους σχεδιαστές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για την εξέλιξη της αποδοτικότητας, την ανάλυση και τη χάραξη πολιτικών από τις κυβερνήσεις (Song et al., 2012).

Η παρούσα εργασία σκοπό έχει τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας 18 χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014 και πιο ειδικά την περίοδο πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012 εφαρμογής της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο από αυτές τις χώρες. Για να μετρηθεί η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των προαναφερόμενων χωρών δημιουργήθηκαν τρεις δείκτες εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ΠΑΔ με βάση τη μεθοδολογία προηγούμενων ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί για αυτό το σκοπό. Επιλέχθηκαν τρία μοντέλα της ΠΑΔ υποθέτοντας σε όλα σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Το πρώτο είναι οριοθετημένο ως προς την εισροή, το δεύτερο και το τρίτο είναι οριοθετημένα ως προς την εκροή. Επιπρόσθετα, ο τρίτος δείκτης προκύπτει από τον λόγο της οικονομικά προστιθέμενης αξίας προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όσον αφορά τον πρώτο δείκτη τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο δύο χώρες ήταν πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές, η Βραζιλία για τα έτη 1991-1998 και η Γαλλία για τα έτη 1999-2014. Επίσης, το ποσοστό των χωρών που παρουσιάζουν κατά Μ.Ο. περιβαλλοντική αποδοτικότητα πάνω από 75% είναι εξαιρετικά μικρό (Βραζιλία, Γαλλία, Ιταλία). Οι υπόλοιπες

15 χώρες κυμαίνονται σε τιμές κάτω του 0.6711 (Ηνωμένο Βασίλειο), γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, στην πλειοψηφία τους, οι χώρες του δείγματος είναι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές.

Σχετικά με το δεύτερο δείκτη τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι για τη χρονική περίοδο 1991-2014 οκτώ ήταν οι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες (Αργεντινή, Κίνα, Ινδονησία, Ινδία, Ιταλία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και ΗΠΑ). Ακόμη, πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες είναι η Αυστραλία για τα έτη 1994-2004 και 2010-2014, η Βραζιλία για τα έτη 1993-2012, η Γαλλία για τα έτη 1999-2002, το Ηνωμένο Βασίλειο για τα έτη 2000-2004, η Ιαπωνία για τα έτη 1991-1993, το Μεξικό για τα έτη 2007-2008 και η Νότια Αφρική για τα έτη 1991-2012. Κατά Μ.Ο. και οι 18 χώρες κυμαίνονται σε υψηλά ποσοστά (άνω του 75%), καθιστώντας τες περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Σύμφωνα με τα εμπειρικά αποτελέσματα που προκύπτουν για τον τρίτο δείκτη, μόνο δύο χώρες (Βραζιλία και Γαλλία) εμφανίζονται με υψηλές τιμές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Την περίοδο 1991-1998 και 2005-2013 η Βραζιλία κατέχει τις μέγιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος, ενώ η Γαλλία τις κατέχει για την περίοδο 1999-2004 και το 2014. Συνάμα, το ποσοστό των χωρών που παρουσιάζουν κατά Μ.Ο. περιβαλλοντική αποδοτικότητα πάνω από την τιμή 2 είναι εξαιρετικά μικρό (Αργεντινή, Βραζιλία, Γαλλία). Οδηγούμαστε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι, κατά πλειοψηφία, οι χώρες του δείγματος δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Εξετάζοντας τις τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικότητας των 7 χωρών της ομάδας G-20 που δεσμεύτηκαν μέσω της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο στη μείωση των εκπομπών των ρύπων τους σε συγκεκριμένα ποσοστά, με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, διεξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα. Η Γαλλία και η Ιταλία εμφανίζουν ανοδική πορεία τις χρονικές περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014 και για τους τρεις δείκτες. Η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο και για τους τρεις δείκτες αύξησαν την αποδοτικότητά τους κατά τη διάρκεια της δεσμευτικής περιόδου και από το 2012 και έπειτα οι τιμές μειώθηκαν.

Η Αυστραλία εμφανίζει καθοδική πορεία σε όλες τις χρονικές περιόδους για τον πρώτο δείκτη, στο δεύτερο μειώνεται το διάστημα 2007-2012 και ύστερα αυξάνεται, ενώ ο τρίτος δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία. Ο Καναδάς παρουσιάζει πτωτική πορεία των τιμών των δύο πρώτων δεικτών και στις τρεις χρονικές περιόδους, ενώ ο τρίτος δείκτης αυξήθηκε το διάστημα 2007-2012 και ύστερα μειώθηκε. Η Ιαπωνία εμφανίζει καθοδική πορεία και για τους τρεις δείκτες καθόλη τη διάρκεια των τριών εξεταζόμενων χρονικών διαστημάτων. Τέλος, η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες παρουσιάζουν καθοδική πορεία για τον πρώτο δείκτη και στις τρεις

περιόδους, ενώ ο δεύτερος και τρίτος δείκτης παραμένουν σταθεροί. Βέβαια, οι τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικότητας, εξαιρώντας τον δεύτερο δείκτη, για τις δύο προαναφερόμενες χώρες είναι εξαιρετικά χαμηλές, γεγονός που επιβεβαιώνει την άποψη των Wang et al. (2017) ότι είναι οι μεγαλύτεροι ρυπαντές διοξειδίου του άνθρακα στον κόσμο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στην παρούσα εργασία, όσον αφορά τα επίπεδα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας σε σχέση με το Πρωτόκολλο του Κιότο, μπορούμε να πούμε ότι έρχονται σε συμφωνία με αυτά των Halkos & Tzeremes (2014). Συγκεκριμένα, από την έρευνά τους εξάγουν το συμπέρασμα ότι παρόλο που αρκετές χώρες συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών τους, τελικά, δεν ήταν ικανές να συμμορφωθούν στις δεσμεύσεις τους και, έτσι, καταγράφηκε αρνητική επίδραση στα επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Πρέπει, βέβαια, να σημειωθεί ότι το παραπάνω αποτελεί απλά μια παρατήρηση επί της αρχής και όχι σύγκριση των αποτελεσμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την εφαρμογή της ΠΑΔ χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι, εισροές, εκροές και μοντέλα, συνεπώς δεν μπορούμε να προβούμε σε ακριβή σύγκριση αποτελεσμάτων, καθώς γνωρίζουμε ότι αυτά, όταν γίνεται χρήση της ΠΑΔ, είναι ευαίσθητα στους προαναφερόμενους παράγοντες.

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθεί η αδυναμία της συγκεκριμένης εργασίας στα συμπεράσματα που εξάγονται από το δεύτερο δείκτη. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε κατά Seiford & Zhu (2002) έχει το μειονέκτημα ότι δεν αποτυπώνει την πραγματική παραγωγική διαδικασία, λόγω της μετατροπής των μη επιθυμητών εκροών σε επιθυμητές εκροές, όπως αναφέρουν και οι Färe & Grosskopf (2004). Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να ληφθούν υπόψη τα επίπεδα των τιμών της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency του πρώτου και τρίτου δείκτη που κατασκευάσαμε.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι για τη μελλοντική προέκταση του συγκεκριμένου θέματος με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο στις περιβαλλοντικές αποδοτικότητες των χωρών της ομάδας G-20. Μία πρόταση θα ήταν να εφαρμοστεί η μέθοδος της DEA Windows Analysis η οποία μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τις επιδόσεις μιας ΜΛΑ μέσα στο χρόνο και να τις συγκρίνουμε με τις επιδόσεις των υπολοίπων το ίδιο έτος και με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, θα μπορούσε να μετρηθεί η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών της G-20, όσον αφορά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και των υπολοίπων αέριων ρύπων που συμβάλλουν στην έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τέλος, μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση θα ήταν να ερευνήσουμε πώς οι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές χώρες θα μπορούσαν να καταστούν αποδοτικές, εξετάζοντας για κάθε χώρα σε

ποια αναλογία μπορεί να χρησιμοποιεί τις εισροές και τις επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές, ώστε να γίνει περιβαλλοντικά αποδοτική.

Παρ' όλα αυτά, η συμβολή της παρούσας εργασίας, με σεβασμό στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και μεθοδολογία, έγκειται στο γεγονός ότι παρέχει σημαντικές πληροφορίες και στοιχεία όσον αφορά την περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών της ομάδας G-20 η οποία αποτελεί ένα εργαλείο για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πολιτικών τους που αφορούν περιβαλλοντικά ζητήματα. Χρειάζεται, λοιπόν, οι κυβερνήσεις να αναλάβουν να εφαρμόσουν πολιτικές το συντομότερο δυνατό για τη μείωση των επιπέδων των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Προτείνεται, επομένως, οι μελλοντικές πολιτικές για την κλιματική αλλαγή και τη ρύπανση του περιβάλλοντος να εστιάσουν σαφώς στην ενίσχυση των ελέγχων της αέριας ρύπανσης και στην αύξηση των τεχνολογικών καινοτομιών της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Βιβλιογραφία

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Chung, Y. H., Färe, R., & Grosskopf, S. (1997). Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 51(3), 229-240.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Springer Science & Business Media.
- Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Springer Science & Business Media.
- DeSimone, L. D., & Popoff, F. (2000). *Eco-efficiency: the business link to sustainable development*. MIT press.
- Dyckhoff, H., & Allen, K. (2001). Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis (DEA). *European Journal of Operational Research*, 132(2), 312-325.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The review of economics and statistics*, 90-98.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Tyteca, D. (1996). An activity analysis model of the environmental performance of firms—application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological economics*, 18(2), 161-175.
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2004). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment. *European Journal of Operational Research*, 157(1), 242-245.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: an index number approach. *Resource and Energy economics*, 26(4), 343-352.

- Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. A. (2006). Social responsibility: US power plants 1985–1998. *Journal of Productivity analysis*, 26(3), 259-267.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. A. (2010). Toxic releases: an environmental performance index for coal-fired power plants. *Energy Economics*, 32(1), 158-165.
- Färe, R., & D. Primont (1995). *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*. Kluwer Academic Publishers. Boston.
- Hailu, A., & Veeman, T. S. (2001). Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: an application to the Canadian pulp and paper industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(3), 605-616.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2009). Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*, 68(7), 2168-2176.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2012). Measuring German regions' environmental efficiency: a directional distance function approach. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 5(1), 7-16.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2013). National culture and eco-efficiency: an application of conditional partial nonparametric frontiers. *Environmental Economics and Policy Studies*, 15(4), 423-441.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2014). Measuring the effect of Kyoto protocol agreement on countries' environmental efficiency in CO2 emissions: an application of conditional full frontiers. *Journal of Productivity Analysis*, 41(3), 367-382.
- Halkos, G. E., Stern, D. I., & Tzeremes, N. G. (2016). Population, economic growth and regional environmental inefficiency: evidence from US states. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4288-4295.
- Haynes, K. E., Ratick, S., Bowen, W. M., & Cummings-Saxton, J. (1993). Environmental decision models: US experience and a new approach to pollution management. *Environment International*, 19(3), 261-275.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2005). Eco-efficiency and Its Terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 43-46.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2009). Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis. *Ecological Economics*, 68(6), 1687-1700.
- Kortelainen, M. (2008). Dynamic environmental performance analysis: a Malmquist index approach. *Ecological Economics*, 64(4), 701-715.

- Kuosmanen, T. (2005). Measurement and Analysis of Eco-efficiency: An Economist's Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 15-18.
- Kortelainen, M., & Kuosmanen, T. (2004). *Data envelopment analysis in environmental valuation: environmental performance, eco-efficiency and cost-benefit analysis* (No. 021). Working Paper ISBN 952-458-528-6 ISSN 1458-686X.
- Kuosmanen, T., & Kortelainen, M. (2005). Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 59-72.
- Lahouel, B. B. (2016). Eco-efficiency analysis of French firms: a data envelopment analysis approach. *Environmental Economics and Policy Studies*, 18(3), 395-416.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J. (2013). Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega*, 41(1), 3-15.
- Picazo-Tadeo, A. J., Reig-Martinez, E., & Hernandez-Sancho, F. (2005). Directional distance functions and environmental regulation. *Resource and Energy Economics*, 27(2), 131-142.
- Picazo-Tadeo, A. J., & García-Reche, A. (2007). What makes environmental performance differ between firms? Empirical evidence from the Spanish tile industry. *Environment and Planning A*, 39(9), 2232-2247.
- Picazo-Tadeo, A. J., Beltrán-Esteve, M., & Gómez-Limón, J. A. (2012). Assessing eco-efficiency with directional distance functions. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 798-809.
- Picazo-Tadeo, A. J., Castillo-Giménez, J., & Beltrán-Esteve, M. (2014). An intertemporal approach to measuring environmental performance with directional distance functions: Greenhouse gas emissions in the European Union. *Ecological Economics*, 100, 173-182.
- Rashidi, K., & Saen, R. F. (2015). Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement. *Energy Economics*, 50, 18-26.
- Reinhard, S., Lovell, C. K., & Thijssen, G. J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121(2), 287-303.
- Schaltegger, S., & Synnestvedt, T. (2002). The link between 'green' and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance. *Journal of environmental management*, 65(4), 339-346.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European journal of operational research*, 142(1), 16-20.

- Shiu, A., & Zelenyuk, V. (2011). Production efficiency versus ownership: The case of China. In *Exploring research frontiers in contemporary statistics and econometrics* (pp. 23-44). Physica-Verlag HD.
- Song, M., An, Q., Zhang, W., Wang, Z., & Wu, J. (2012). Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(7), 4465-4469.
- Tsolas, I. E. (2005). Aggregate environmental performance indicators for thermal electrical power sector: a comparative approach. *IASME Trans, 5*, 663-667.
- Tsolas, I. E. (2011). Performance assessment of mining operations using nonparametric production analysis: A bootstrapping approach in DEA. *Resources Policy, 36*(2), 159-167.
- Tyteca, D. (1996). On the measurement of the environmental performance of firms—a literature review and a productive efficiency perspective. *Journal of environmental management, 46*(3), 281-308.
- Tyteca, D. (1997). Linear programming models for the measurement of environmental performance of firms—concepts and empirical results. *Journal of productivity analysis, 8*(2), 183-197.
- Unfccc, U. N. (2009). *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*. eSocialSciences.
- Wang, H., Hashimoto, S., Yue, Q., Moriguchi, Y., & Lu, Z. (2013). Decoupling analysis of four selected countries: China, Russia, Japan, and the United States during 2000-2007. *Journal of Industrial Ecology, 17*(4), 618-629.
- Wang, W., Li, M., & Zhang, M. (2017). Study on the changes of the decoupling indicator between energy-related CO₂ emission and GDP in China. *Energy, 128*, 11-18.
- Zaim, O., & Taskin, F. (2000). Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: a non-parametric approach. *Journal of Environmental Management, 58*(2), 95-107.
- Zelenyuk, V., & Zheka, V. (2006). Corporate governance and firm's efficiency: the case of a transitional country, Ukraine. *Journal of Productivity Analysis, 25*(1), 143-157.
- Zelenyuk, N., & Zelenyuk, V. (2014). Regional and ownership drivers of bank efficiency. CEPA Working Paper No. WP11/2014. Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA), School of Economics University of Queensland, Australia.
- Zhang, Y. (2002). The impacts of economic reform on the efficiency of silviculture: a non-parametric approach. *Environment and Development Economics, 7*(1), 107-122.
- Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z., & Ge, J. (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological economics, 68*(1-2), 306-316.

- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2006). Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance. *Ecological Economics*, 60(1), 111-118.
- Zhou, P., Poh, K. L., & Ang, B. W. (2007). A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European journal of operational research*, 178(1), 1-9.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008a). Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy Economics*, 30(1), 1-14.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008b). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 1-18.
- Zofío, J. L., & Prieto, A. M. (2001). Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO₂ emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*, 23(1), 63-83.

Παράρτημα Α

Χώρες του Annex 1 οι οποίες επικύρωσαν το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύτηκαν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Καναδάς, Δημοκρατία της Τσεχίας, Δανία, Εσθονία, Ε.Ε., Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Λετονία, Λιχτενστάιν, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μονακό, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Ρωσία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ουκρανία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Παράρτημα Β

Πίνακας Β.1: Τιμές της μεταβλητής κεφάλαιο (capital stock)

Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	489520,9	559911,3	669640,2	828229,3	1053557	1390283	1400469	1424251	1433023	1431155	1412692	1330856
Australia	1567468	1623520	1723866	1854995	2013598	2072824	2125195	2191333	2272879	2283470	2294784	2309184
Brazil	2546866	2675052	2882368	3148597	3482479	3797278	3951147	4116102	4251063	4396771	4537665	4656169
Canada	2707514	2768913	2887021	3028218	3185286	3272452	3288176	3316801	3349547	3311462	3268334	3207820
China	4603259	4911135	5470075	6111469	6843665	7549488	8348900	9341167	10377540	11468023	12694115	14055351
Germany	6764276	7037658	7414165	7845304	8349797	8478869	8482831	8471093	8424059	8543228	8502453	8357641
France	4332136	4410281	4549866	4709897	4901843	4951872	4957588	4949778	4936561	5043165	5087267	5098793
United Kingdom	3680473	3798598	3989535	4275514	4596206	4926870	5047923	5103451	5035408	5134820	5200876	5185287
Indonesia	808033,9	855958,6	915867,1	980593	1071613	1174452	1378807	1533247	1672011	1735751	1850345	2001543
India	2339325	2448366	2619976	2818636	3081442	3298940	3546996	3848985	4200132	4547347	4938065	5365266
Italy	5021423	5279014	5602680	5978845	6462263	6557610	6551471	6543158	6442454	6544521	6466661	6359253
Japan	8010490	8688022	9499864	10302551	10996823	11601598	11771250	11899557	12027785	12348241	12568721	12667834
Korea, Rep.	1194313	1344681	1535854	1767902	2048349	2283844	2467268	2561023	2659123	2865741	3054182	3245629
Mexico	2040628	2114449	2219332	2344458	2425034	2485026	2549489	2645715	2754374	2683662	2614578	2552782
Saudi Arabia	1219852	1228769	1266131	1293354	1329038	1347190	1381648	1430343	1483442	1537623	1589075	1635531
Turkey	961516,2	971696,6	1022618	1049953	1086860	1152412	1235752	1316776	1376885	1428315	1264906	1047816
United States	26586270	26769574	27514982	28433732	29573488	30426092	31494458	32851262	34374992	35997032	37382932	38467564
South Africa	607824,1	603189,5	609750,8	622020,4	642393,8	656457,9	675317,2	699458,7	718306,3	737787	756153,6	775340,3

Πίνακας Β.1: συνέχεια

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	1326432	1365803	1437139	1552985	1646295	1719042	1731397	1773984	1863172	1942274	2041532	2148251
Australia	2439971	2630115	2875684	3055753	3167556	3225915	3265227	3332890	3461365	3590808	3757906	3944976
Brazil	4798556	5056170	5394143	6145125	6895009	7742465	8620885	9869311	11662182	12137529	12889597	13655093
Canada	3349291	3571504	3865556	4208085	4445640	4607176	4794360	5065393	5427466	5597287	5828469	6097225
China	15798115	18093094	20994712	24752358	28425092	32259552	36784308	42218080	48872912	54610668	61477376	69379696
Germany	8613169	9106972	9674234	10569312	11559886	12201877	12396126	12687682	13363606	13827007	14439993	15146735
France	5135177	6041439	6905200	7899890	8954847	9545175	9769681	10405968	11106307	11074364	11653404	12076728
United Kingdom	5323042	5802754	6569251	7125918	7538831	8470947	9035331	9973122	9753055	10618961	11646097	11811327
Indonesia	2190061	2478617	2868466	3494098	4198928	5144415	6325119	8146254	11097780	11752279	12529229	13456787
India	5926282	6768954	7910673	9233062	10616401	12043926	13506964	15356803	17782550	19233684	20736988	22491836
Italy	6475622	6920720	7681432	8620929	9587137	10368286	11164391	10421041	11717211	13040348	12945109	13027931
Japan	13127819	13920323	15014904	16253220	17074292	17604990	17325632	17161376	17226012	17376214	17733182	18236474
Korea, Rep.	3623180	4145192	4839831	5417908	5898918	6293539	6134811	6052155	6035801	6239941	6510999	6839375
Mexico	2751030	3077106	3530969	3770402	3924124	4036200	4474887	5054693	5878632	6089364	6357979	6677512
Saudi Arabia	1706975	1833362	2012688	2326451	2651352	2998988	3310856	3716382	4298283	4587538	4942357	5334287
Turkey	1100818	1291143	1455316	1958408	2600181	2735677	2562854	2938289	3220938	3680661	3965486	4605441
United States	39839628	42071616	45051164	47891040	49404728	50006724	49243108	48876336	49279028	50020716	51340076	52849892
South Africa	801470,6	848315,7	913679,1	1046180	1182001	1337760	1486557	1674226	1952360	2020231	2117818	2224862

Πίνακας Β.2: Τιμές της μεταβλητής εργασία (labor)

Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	11,95264	12,1471	12,06992	12,07587	11,50514	11,78711	12,3592	12,90401	12,95512	13,09414	13,04609	13,00723
Australia	7,453694	7,370432	7,422643	7,636843	7,889025	8,026786	8,096346	8,207997	8,370443	8,562976	8,731397	8,920233
Brazil	71,02438	71,04247	71,61356	72,31313	73,06744	71,55145	72,73302	72,40485	76,33849	78,71133	79,34266	82,50564
Canada	13,17439	13,001	13,02499	13,25427	13,44308	13,55733	13,84422	14,17337	14,54128	14,87158	15,05903	15,45227
China	651,2	658,215	664,8	671,315	677,6	685,075	693,85	702,285	710,155	717,395	725,55	733,825
Germany	38,54727	38,03514	37,5735	37,70172	37,93903	37,95977	37,93902	38,40068	38,97919	39,77724	39,56178	39,26542
France	23,80835	23,6342	23,37246	23,48654	23,7172	23,84228	24,01827	24,42866	25,01459	25,64659	26,01305	26,15129
United Kingdom	25,92645	25,34559	25,17171	25,37445	25,65179	25,90053	26,38041	26,65316	27,01198	27,31735	27,53444	27,76327
Indonesia	75,16116	77,2131	78,0541	81,01578	81,33134	84,65203	86,01906	88,15627	89,17616	90,02478	90,92799	91,71853
India	326,7164	334,0328	341,4678	349,0979	356,9591	365,0886	373,5256	382,3244	391,5207	401,0051	422,174	440,7049
Italy	23,22263	22,98866	22,31505	21,91342	21,83297	21,91218	21,92998	22,10915	22,32646	22,75558	23,22951	23,68206
Japan	65,24165	66,01311	66,32868	66,4768	66,76149	66,84079	67,29351	66,47414	65,55198	65,06093	64,78665	64,03795
Korea, Rep.	18,63108	18,92916	19,09141	19,66211	20,19256	20,60856	20,95853	19,68177	20,02329	20,85154	21,24378	21,83922
Mexico	29,53426	30,62301	31,76003	32,92995	32,70744	34,11487	36,14535	37,1699	37,69527	38,6097	38,71714	39,59854
Saudi Arabia	4,907776	5,121714	5,271018	5,458405	5,53506	5,569136	5,595504	5,614883	5,820872	6,101889	6,330091	6,613931
Turkey	16,62846	16,73464	15,89616	17,12343	17,5771	18,05688	18,04329	18,50044	18,70498	18,29832	18,27283	18,19908
United States	121,9624	122,2319	123,5929	126,1981	127,9972	129,9112	132,9321	135,0771	137,3371	139,2961	139,4439	139,0843
South Africa	11,17845	11,41029	11,63336	11,88541	12,16376	12,42065	12,6614	12,8767	13,10201	13,32199	12,92642	13,62038

Πίνακας Β.2: συνέχεια

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	13,72709	14,6692	15,33733	15,85615	16,44126	16,84197	16,99401	17,49126	17,87945	18,06624	18,25721	18,09845
Australia	9,113683	9,314534	9,603501	9,942225	10,30433	10,63265	10,84985	11,10052	11,3915	11,61517	11,79441	11,96684
Brazil	84,0052	88,31071	91,0348	93,41862	94,89915	96,41851	96,84214	100,7918	102,8767	105,1605	105,9664	105,9086
Canada	15,84749	16,15945	16,43793	16,78751	17,26695	17,65658	17,4356	17,73948	18,07691	18,33877	18,66565	18,82807
China	740,86	748,16	755,125	761,125	766,95	772,35	777,375	781,3768	784,4269	788,8708	793,0223	798,3678
Germany	38,75573	38,82701	38,75709	39,01387	39,64716	40,15928	40,23343	40,4125	41,03569	41,605	41,97807	42,45353
France	26,18064	26,23623	26,42809	26,71297	27,0781	27,19972	26,88801	26,90995	27,10744	27,18608	27,17827	27,25353
United Kingdom	28,05281	28,35924	28,6797	29,00422	29,28988	29,60776	29,2177	29,35739	29,55059	29,89977	30,26262	30,96205
Indonesia	92,84414	93,73343	94,0462	95,58505	100,1375	102,8783	105,362	108,9244	110,6555	112,1031	115,6858	113,0239
India	460,2485	485,5444	488,9327	487,9674	488,8478	485,5411	485,3876	487,5092	490,4438	492,679	501,315	510,2788
Italy	24,06672	24,19946	24,33076	24,82151	25,07479	25,01051	24,50282	24,27979	24,28539	24,13637	23,6355	23,58444
Japan	64,11984	64,54128	65,10532	65,49753	65,80941	65,52619	64,57671	64,35291	64,24862	64,25264	64,60459	64,98537
Korea, Rep.	21,83165	22,30567	22,66609	23,04424	23,4108	23,64097	23,64993	24,05132	24,54367	25,05841	25,5231	26,13967
Mexico	39,88609	41,23692	41,5376	43,06945	43,90198	45,01016	44,59709	48,29945	48,62138	50,82909	51,1693	51,41257
Saudi Arabia	6,966788	7,367257	7,748273	8,06625	8,45744	8,82727	9,0975	9,471622	9,819192	10,21856	11,06577	11,46188
Turkey	18,03765	18,35987	18,73762	19,0321	19,28085	19,66982	19,74112	20,99865	22,49772	23,30899	24,12346	24,64748
United States	140,2314	141,631	143,9899	146,6152	148,2019	147,5262	142,1066	141,3491	142,2175	144,8628	146,211	148,4634
South Africa	13,38453	13,59182	14,29229	15,23029	15,13206	15,69828	15,46628	15,36666	16,20448	16,87081	17,65263	18,25672

Πίνακας Β.3: Τιμές της μεταβλητής χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use)

Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	1430,515	1483,779	1468,221	1541,658	1544,356	1582,138	1613,919	1650,344	1659,993	1661,117	1562,686	1502,037
Australia	4927,782	4959,215	5147,537	5089,789	5129,224	5393,581	5469,6	5553,653	5610,345	5644,065	5446,973	5569,641
Brazil	940,0014	933,9006	941,6245	975,3158	992,5945	1028,802	1064,048	1072,764	1080,641	1069,337	1072,917	1086,637
Canada	7481,504	7562,148	7730,487	7926,839	7965,847	8036,713	8034,415	7924,031	8081,487	8242,525	8040,539	7993,39
China	736,8518	752,6287	788,1287	816,1629	866,8344	881,6537	871,7563	869,3586	878,5245	898,9873	928,8114	984,8107
Germany	4302,891	4190,984	4122,696	4088,798	4119,689	4246,553	4203,357	4177,294	4079,933	4094,06	4209,796	4108,401
France	4043,099	3954,003	4001,902	3836,112	3981,352	4191,924	4049,233	4151,627	4123,526	4135,478	4246,005	4225,468
United Kingdom	3707,952	3684,725	3713,186	3732,521	3728,963	3879,823	3760,712	3787,108	3784,074	3785,753	3784,928	3685,869
Indonesia	560,5153	574,4848	620,7103	611,7073	664,3573	678,2717	691,0022	666,4	688,382	735,8209	742,6968	759,6426
India	358,6619	364,3951	365,8344	372,5646	386,471	390,8078	398,7705	400,8788	416,374	418,6843	417,382	422,6273
Italy	2645,673	2627,34	2611,99	2578,466	2799,376	2796,155	2834,403	2912,947	2957,311	3012,195	3020,621	3037,267
Japan	3575,246	3649,944	3664,568	3850,962	3935,995	4008,476	4041,168	3955,628	4011,225	4083,832	4008,268	3991,978
Korea, Rep.	2306,643	2534,341	2814,188	2958,408	3210,132	3454,855	3726,158	3377,635	3708,705	4002,671	4033,319	4170,476
Mexico	1491,303	1474,001	1469,469	1474,087	1401,23	1407,546	1456,876	1474,174	1494,359	1474,592	1506,72	1495,443
Saudi Arabia	4002,952	4426,464	4471,446	4588,954	4510,417	4728,228	4422,537	4623,704	4611,62	4712,744	4715,132	5078,499
Turkey	947,7563	961,9322	1004,137	976,489	1052,7	1126,182	1166,229	1169,882	1131,092	1201,087	1094,198	1139,392
United States	7631,468	7677,401	7709,497	7757,831	7763,755	7844,468	7828,581	7803,698	7923,224	8056,864	7827,886	7843,345
South Africa	2519,894	2292,197	2396,241	2420,415	2499,434	2506,73	2531,824	2477,047	2470,163	2428,708	2475,057	2399,497

Πίνακας Β.3: συνέχεια

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	1589,545	1717,651	1709,572	1840,44	1845,098	1923,14	1850,862	1908,281	1933,523	1920,081	1951,439	2015,187
Australia	5568,765	5598,088	5564,087	5709,345	5868,347	5964,666	5862,552	5793,116	5745,232	5576,565	5470,94	5338,091
Brazil	1090,389	1136,968	1152,016	1178,851	1232,602	1288,117	1233,754	1351,029	1359,122	1404,755	1451,168	1484,927
Canada	8332,924	8441,185	8404,246	8240,116	8213,664	8195,212	7797,196	7788,473	7910,759	7725,328	7727,757	7874,052
China	1118,432	1268,133	1393,691	1515,174	1630,171	1672,904	1778,434	1954,723	2086,487	2155,165	2213,759	2236,73
Germany	4084,503	4114,39	4086,503	4204,655	3985,812	4036,831	3790,501	3997,079	3869,816	3876,948	3939,53	3779,462
France	4270,95	4301,737	4287,157	4188,843	4115,527	4110,585	3913,457	4016,848	3847,073	3836,658	3833,541	3657,991
United Kingdom	3731,61	3694,479	3686,36	3598,81	3441,64	3361,981	3145,586	3230,616	2972,148	3042,856	2987,703	2776,844
Indonesia	751,3089	789,927	792,9269	800,5394	785,9928	790,7844	843,4525	874,5806	831,556	851,7314	863,0435	883,911
India	425,6328	441,0648	451,1383	467,5458	486,5505	503,0356	546,1767	563,1593	579,4087	600,4432	606,8743	637,4286
Italy	3168,529	3169,933	3214,674	3175,8	3149,577	3087,566	2869,921	2930,589	2828,405	2709,298	2579,473	2414,484
Japan	3953,185	4078,211	4062,979	4053,883	4012,654	3858,435	3678,511	3893,267	3610,812	3537,363	3567,629	3470,763
Korea, Rep.	4233,487	4332,668	4364,219	4412,527	4564,988	4629,778	4649,766	5045,488	5216,588	5248,52	5231,675	5289,276
Mexico	1565,078	1562,085	1646,775	1659,516	1622,971	1580,662	1557,4	1489,637	1541,834	1586,613	1567,683	1513,259
Saudi Arabia	4990,77	5157,48	5126,341	5525,018	5556,713	6034,523	6250,328	6763,337	6307,892	6888,066	6417,917	6937,231
Turkey	1178,444	1204,722	1240,166	1354,677	1436,845	1401,349	1370,788	1474,67	1546,203	1585,4	1542,968	1577,828
United States	7794,236	7881,579	7846,5	7697,653	7758,166	7488,082	7056,784	7160,939	7028,153	6869,385	6902,433	6956,814
South Africa	2534,663	2733,048	2693,966	2639,713	2789,011	2963,363	2864,649	2780,992	2731,093	2653,062	2621,162	2715,291

Πίνακας Β.4: Τιμές της μεταβλητής ΑΕΠ (GDP)

Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	235515,3	277855,8	320473,9	372903	416118,8	532989,8	553420,7	554934,2	523007,4	520440,7	489405,2	421078,2
Australia	459646,7	478489,3	496492,8	520231,1	549039,4	576827,4	603486,9	622528,7	651364,3	672515,4	694783,7	713336,6
Brazil	940129,3	967817,7	1044833	1180976	1377345	1657008	1602398	1539692	1486587	1507568	1498774	1515301
Canada	812978,8	821074,3	840573,8	882612,8	930239,9	948945	982964,5	994437,6	1055508	1127565	1119308	1127791
China	2872830	3151253	3496467	3697357	4108395	4275323	4484423	4480408	4786411	5108341	5506417	6113615
Germany	2088387	2164368	2190120	2279623	2376434	2409761	2481534	2555663	2641264	2703666	2747856	2750452
France	1452342	1481792	1481563	1514447	1554860	1587360	1674515	1763626	1829754	1942995	2008239	2036409
United Kingdom	1363587	1376120	1427750	1478347	1554254	1641439	1756577	1813215	1884668	2024305	2079138	2086833
Indonesia	626589,6	669060,9	713553,9	779924,9	855545,9	931563,2	942847,1	759787,7	759260,6	741306,2	759085,3	770276,8
India	1162987	1236328	1319953	1415499	1527447	1663682	1767044	1899004	2036703	2131451	2237936	2367586
Italy	1452529	1480875	1480556	1528411	1596989	1627294	1684239	1767814	1808118	1867201	1911009	1844033
Japan	3595439	3732201	3852767	3980359	4177391	4247369	4278626	4172601	4149478	4251423	4214869	4230063
Korea, Rep.	591618,3	635053,1	690907,8	763892,9	850540,7	906221,4	944888,1	857856,1	958323,9	1035199	1068078	1152833
Mexico	914965,5	950663,5	960177,6	994086,8	904550,5	925872,1	989398,1	1053905	1083262	1203299	1211921	1217542
Saudi Arabia	315293,8	339532	334638	318361	323307,1	349296,1	352066,4	322996,5	362481,7	417695,6	403900,4	433031,5
Turkey	529921,2	553209,4	606535,6	570614,4	611275,1	687469,3	718617,5	701149,7	670118	746999,2	720375,9	715553,4
United States	9171585	9509170	9786068	10205495	10501270	10926444	11437019	11956923	12510232	13031820	13127311	13309916
South Africa	308591,3	303614,8	311703,6	319482,9	337423,8	353407,6	363296,7	367731,9	371713,7	391348,5	405437,2	432332,5

Πίνακας Β.4: συνέχεια

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	456466,5	499958,9	546220,4	593656	649728	685144,1	679886,3	753785,4	833239	852365,6	868237,1	862902,4
Australia	742670,2	767682,4	823623,7	847763,9	879535,3	932737,5	919825,8	996977,8	1039932	1026888	1034653	1045083
Brazil	1508241	1587834	1641127	1791231	1994912	2218940	2301680	2669472	2973903	2982947	3060899	3052319
Canada	1184269	1235663	1323181	1342066	1384391	1456291	1304883	1387124	1455816	1470333	1493624	1543374
China	6661583	7407745	8209448	9035262	10002647	10435085	11395943	12590990	13779918	14888096	15878105	17135952
Germany	2804614	2879093	3013838	3080339	3274641	3364912	3139046	3292698	3473489	3484178	3597397	3750589
France	1955126	2005504	2103202	2139618	2267029	2297685	2248625	2313305	2392258	2421442	2515464	2550435
United Kingdom	2092084	2153446	2271498	2302793	2303310	2323823	2191216	2177450	2208983	2287097	2437409	2493279
Indonesia	780053,2	850691,1	925199,4	1023533	1142481	1365730	1509735	1786714	2166273	2278699	2382739	2493046
India	2598862	2807852	3175494	3550196	3965629	4409224	4708603	5399225	5947918	6324436	6585998	7061826
Italy	1831163	1839430	1884407	1943301	2064826	2116345	2039252	2045186	2097793	2109461	2100516	2111946
Japan	4295864	4403218	4468057	4511494	4610070	4512247	4286372	4523647	4451223	4474209	4504978	4509603
Korea, Rep.	1196619	1266604	1351966	1391838	1468399	1463139	1438215	1562464	1590548	1610429	1663808	1750372
Mexico	1254357	1345215	1458528	1542631	1615149	1677677	1573495	1694514	1830819	1862729	1906050	1945966
Saudi Arabia	473051,7	557969	679997,8	786462,4	861602,9	1070019	938752,3	1122281	1395365	1510029	1506471	1487960
Turkey	682069,4	772992,6	851063,7	938834,9	1005586	1079566	1055670	1173178	1317386	1398701	1456237	1525255
United States	13679334	14204685	14683344	15083465	15359941	15305872	14844276	15250698	15517930	15899255	16183547	16598099
South Africa	444048,2	468739,3	504292,4	540752,4	571764	582816,8	564723	585953,1	618362,8	627725,2	640491,8	651267,1

Πίνακας Β.5: Τιμές της μεταβλητής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	117098,3	121352	117927,1	122408,1	127963,6	135000,6	138003,9	139815,4	146984,4	142136,6	133720,8	124714,7
Australia	261471,8	267984,4	277397,5	278119,9	281860,3	302164,5	305794,8	316883,8	325343,6	329443,3	324844,9	341353,7
Brazil	219330,6	220705,7	230738,6	242154	258347,5	284782,9	300547,3	312289,1	320173,1	327983,8	337433,7	332266,9
Canada	426780,1	440978,8	445580,8	456849,5	467637,8	479419,9	495294,4	506533,7	515389,5	534380,9	527927	519335,2
China	2565595	2690456	2878694	3058241	3320285	3463089	3469510	3324345	3318056	3405180	3487566	3850269
Germany	929973,2	891975,7	877645,1	865558,7	864110,2	889614,2	862276,7	855364,4	822460,4	829977,8	853662,9	829724,8
France	390689,5	365893,3	359916,1	338119,4	349160,7	375306,4	351562,6	377444,3	368918,5	362226,3	377536	375075,4
United Kingdom	566830,2	556280,2	545711,9	546738,7	538117,6	551436,1	527343,9	531905,7	530937,6	541784,6	545862,3	528642,1
Indonesia	179730,7	202576,1	218600,9	221413,5	224941,1	253290,7	278659	214200,5	241989	263418,9	294907,5	306737,2
India	658189,8	699087,9	723697,1	764730,8	811562,1	882324,2	917685,1	936221,8	995766,5	1031853	1041153	1054259
Italy	423894,2	420535,2	411917,8	407378	430483,8	425830,4	430487,5	440153,7	441998,2	450564,3	450347,9	452610,5
Japan	1099381	1123847	1109887	1173315	1183447	1204690	1200788	1157830	1196516	1220528	1203377	1220048
Korea, Rep.	261482,8	284280,5	321951,6	344037,9	374771,1	403780,7	430032,8	364833,5	399864,3	447561	450193,9	465632
Mexico	331958,8	334698,1	339468,9	352780,1	332816,9	346417,8	369769,3	389087	391591,6	398382,9	412977,5	414389,3
Saudi Arabia	267768	285534,6	313818,2	307962	235161	258750,9	216239,3	207680,5	226459,3	296935,3	297214	326407
Turkey	148619,8	153108,3	159136,8	156848,6	171975	188205,1	198535	200614,2	196771,2	216151,3	194552,7	205685,7
United States	4820847	4909534	5028674	5094354	5132920	5252112	5368715	5401011	5504669	5693685	5595794	5641309
South Africa	326410,7	301687,8	321049,5	339168,2	362259,3	364400,8	386131,4	377726,7	375236,8	378665,4	372042,8	356637,8

Πίνακας Β.5: συνέχεια

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	135062,9	157589,3	162110,7	175436,6	175176,3	189107,2	179961,7	187919,1	191633,8	192356,2	189851,6	204024,5
Australia	336271,2	342699,5	350172,8	365346,9	372090,5	385904,1	394792,9	390861,9	391819	388126,3	372266,5	361261,8
Brazil	321621,6	337826	347308,9	347668,3	363212,7	387631,2	367147,4	419754,2	439412,9	470028,7	503677,1	529808,2
Canada	553100,9	552198,9	557417	543819,8	554355,1	561029	536764,5	534670,6	537112,8	517457,7	517160,7	537193,5
China	4540417	5233539	5896958	6529292	7030798	7553070	8001009	8776040	9733538	10028574	10258007	10291927
Germany	822812,5	816802,2	797180,1	816472,2	780546,6	780565	722263,3	758860	732497,9	739861,3	757312,5	719883,4
France	380689,6	383758,9	385368,7	375764,8	369142,2	366326	351900	353033,1	331804,8	333227,6	334096,7	303275,6
United Kingdom	540006,1	539239,7	542580,3	541458,2	528425,7	520688,3	471719,2	493207,8	447828,7	468572,9	458250,3	419820,2
Indonesia	316792,1	337635,4	341991,8	345119,7	375544,8	416560,2	446409,6	428760,3	603665,2	637078,9	490226,6	464176,2
India	1099598	1154320	1222563	1303718	1407607	1568380	1738646	1719691	1841776	2018504	2034752	2238377
Italy	468349,2	473970,8	473384	469346,7	462676,4	447187	401591,5	405361,2	397994,2	369468,6	345317,7	320411,5
Japan	1242094	1266010	1239255	1231496	1252229	1210136	1103870	1171625	1191075	1230168	1246516	1214048
Korea, Rep.	466215	482276,5	462922,1	470655,8	495675,7	507589,8	508862,3	566716,5	589400,6	583966,1	592499,2	587156,4
Mexico	440208,7	441308,8	466361,7	479251,2	480520	493251,8	475950,9	464308,2	484429	496324,8	490340,2	480270,7
Saudi Arabia	327272,4	395834,3	397642,1	432739	387777,9	430175,8	468965,3	518491,8	499878,1	564842,7	541047,5	601047
Turkey	218523,9	225421,5	237390,6	261614,8	284658,2	283979,8	277844,9	298002,4	320840,5	329560,6	324771,5	345981,5
United States	5675702	5756075	5789727	5697286	5789031	5614111	5263505	5395532	5289681	5119436	5159161	5254279
South Africa	404459,1	450186,6	416915,9	447894,7	466578,1	496772,2	503112,4	474099,1	470582,4	468770,9	466376,4	489771,9

Πίνακας Β.6: Τιμές της μεταβλητής μετασχηματισμένο CO₂ (CO₂ transformed)

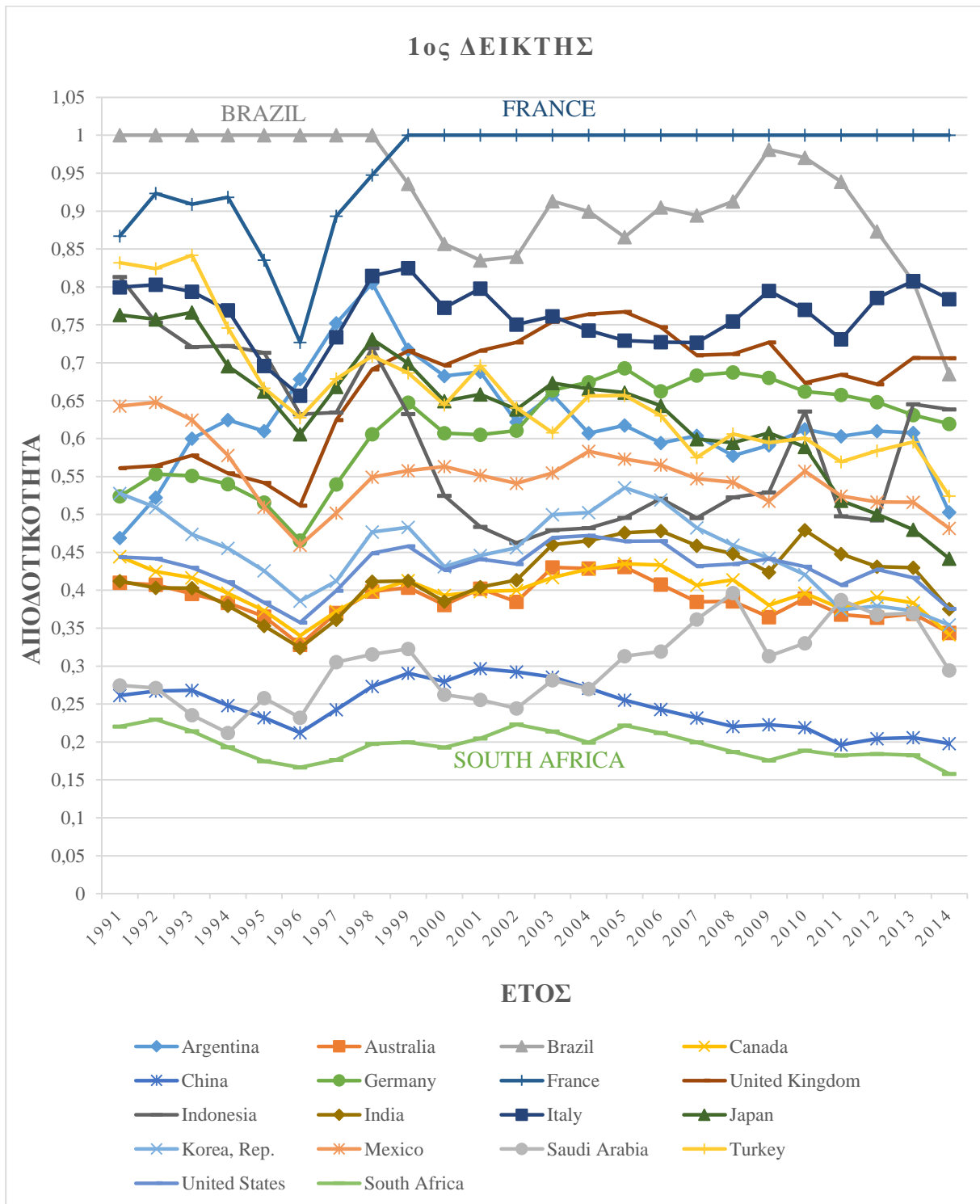
Χώρα	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina	4703750	4788183	4910748	4971947	5004957	5117112	5230712	5261196	5357686	5551549	5462075	5516595
Australia	4559376	4641550	4751278	4816235	4851061	4949949	5062922	5084128	5179327	5364243	5270950	5299956
Brazil	4601518	4688829	4797937	4852201	4874573	4967330	5068169	5088723	5184497	5365702	5258362	5309043
Canada	4394068	4468556	4583095	4637506	4665283	4772693	4873422	4894478	4989281	5159305	5067868	5121975
China	2255254	2219079	2149981	2036114	1812636	1789024	1899206	2076667	2186615	2288506	2108229	1791041
Germany	3890875	4017559	4151030	4228796	4268811	4362499	4506440	4545647	4682210	4863708	4742132	4811585
France	4430159	4543641	4668759	4756236	4783760	4876807	5017154	5023567	5135752	5331460	5218259	5266235
United Kingdom	4254018	4353254	4482964	4547616	4594803	4700677	4841372	4869106	4973733	5151901	5049933	5112668
Indonesia	4641118	4706959	4810075	4872942	4907980	4998822	5090057	5186811	5262681	5430267	5300888	5334573
India	4162658	4210447	4304978	4329624	4321359	4369789	4451031	4464790	4508904	4661832	4554642	4587051
Italy	4396954	4488999	4616758	4686977	4702437	4826283	4938229	4960858	5062672	5243122	5145447	5188700
Japan	3721467	3785687	3918788	3921040	3949474	4047423	4167928	4243182	4308154	4473158	4392418	4421263
Korea, Rep.	4559365	4625254	4706724	4750317	4758150	4848332	4938684	5036178	5104806	5246125	5145601	5175678
Mexico	4488889	4574837	4689207	4741575	4800104	4905695	4998947	5011925	5113079	5295303	5182818	5226921
Saudi Arabia	4553080	4624000	4714857	4786393	4897760	4993362	5152477	5193331	5278211	5396751	5298581	5314903
Turkey	4672228	4756426	4869539	4937506	4960946	5063908	5170181	5200397	5307899	5477535	5401243	5435624
United States	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
South Africa	4494438	4607847	4707626	4755187	4770662	4887712	4982585	5023285	5129434	5315020	5223753	5284672

Πίνακας Β.6: συνέχεια

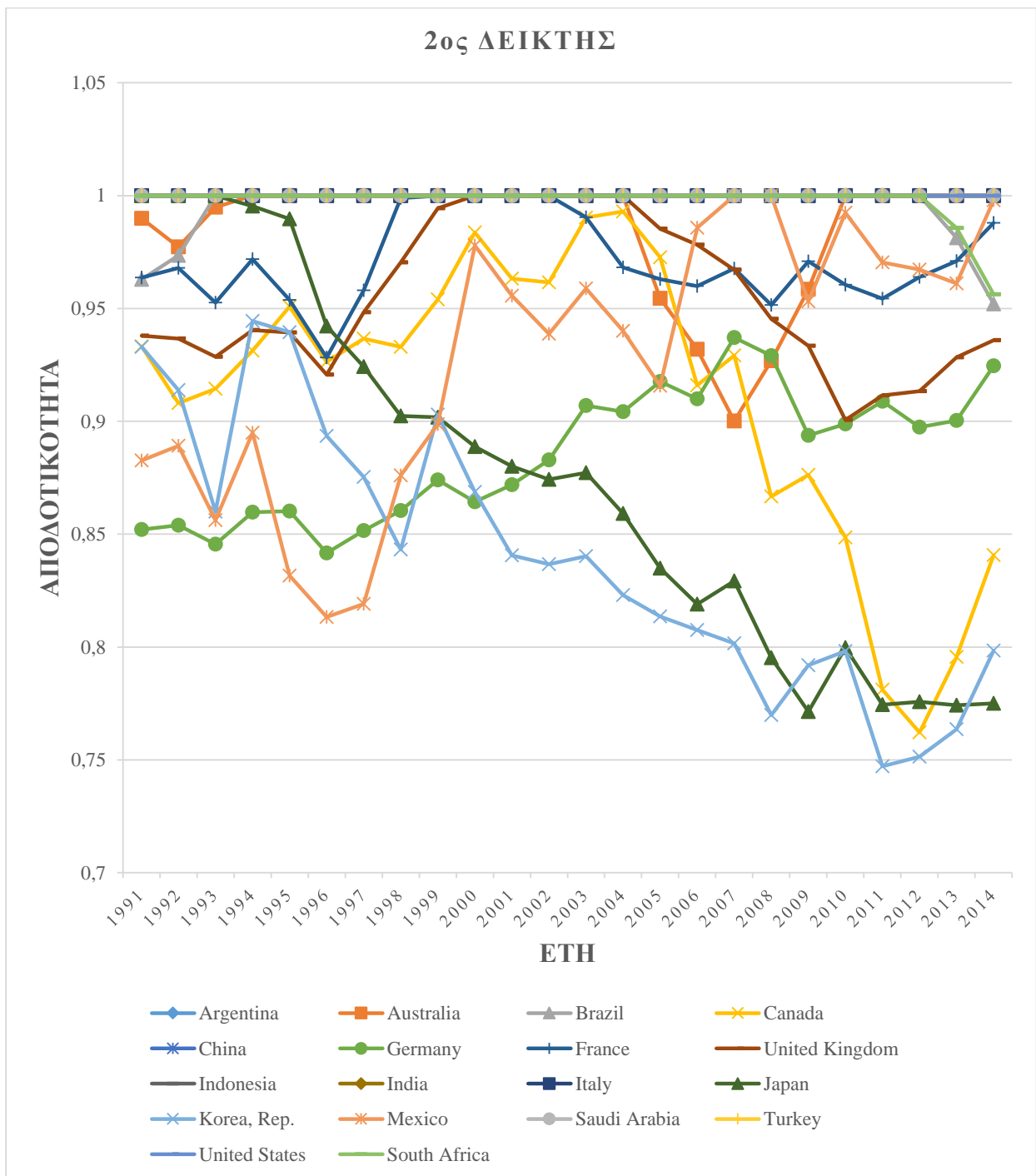
Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	5540640	5598487	5734848	6353856	6855623	7363964	7821048	8588122	9541905	9836219	10068157	10087903
Australia	5339432	5413377	5546786	6163946	6658708	7167167	7606217	8385180	9341720	9640449	9885742	9930666
Brazil	5354081	5418250	5549650	6181624	6667586	7165440	7633863	8356287	9294126	9558546	9754331	9762120
Canada	5122602	5203877	5339542	5985473	6476444	6992042	7464246	8241371	9196426	9511117	9740847	9754734
China	1135286	522537,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Germany	4852890	4939274	5099779	5712820	6250252	6772506	7278747	8017181	9001041	9288714	9500696	9572044
France	5295013	5372317	5511590	6153528	6661657	7186745	7649110	8423008	9401734	9695347	9923911	9988652
United Kingdom	5135697	5216837	5354378	5987834	6502373	7032383	7529291	8282834	9285710	9560002	9799758	9872108
Indonesia	5358911	5418441	5554967	6184173	6655254	7136511	7554600	8347281	9129874	9391496	9767782	9827752
India	4576105	4601756	4674396	5225575	5623191	5984692	6262364	7056350	7891763	8010071	8223256	8053551
Italy	5207354	5282105	5423575	6059946	6568122	7105884	7599418	8370680	9335545	9659106	9912690	9971516
Japan	4433609	4490066	4657703	5297797	5778570	6342936	6897140	7604417	8542465	8798406	9011492	9077880
Korea, Rep.	5209488	5273800	5434037	6058637	6535123	7045481	7492148	8209325	9144139	9444609	9665509	9704772
Mexico	5235494	5314767	5430597	6050041	6550279	7059819	7525059	8311733	9249110	9532250	9767668	9811657
Saudi Arabia	5348431	5360242	5499317	6096554	6643021	7122895	7532045	8257550	9233661	9463732	9716961	9690881
Turkey	5457179	5530655	5659568	6267678	6746141	7269091	7723165	8478039	9412699	9699014	9933237	9945946
United States	1	1	107231,4	832006,6	1241768	1938960	2737505	3380509	4443859	4909139	5098847	5037649
South Africa	5271244	5305890	5480043	6081398	6564221	7056299	7497898	8301942	9262957	9559804	9791632	9802156

Παράρτημα Γ

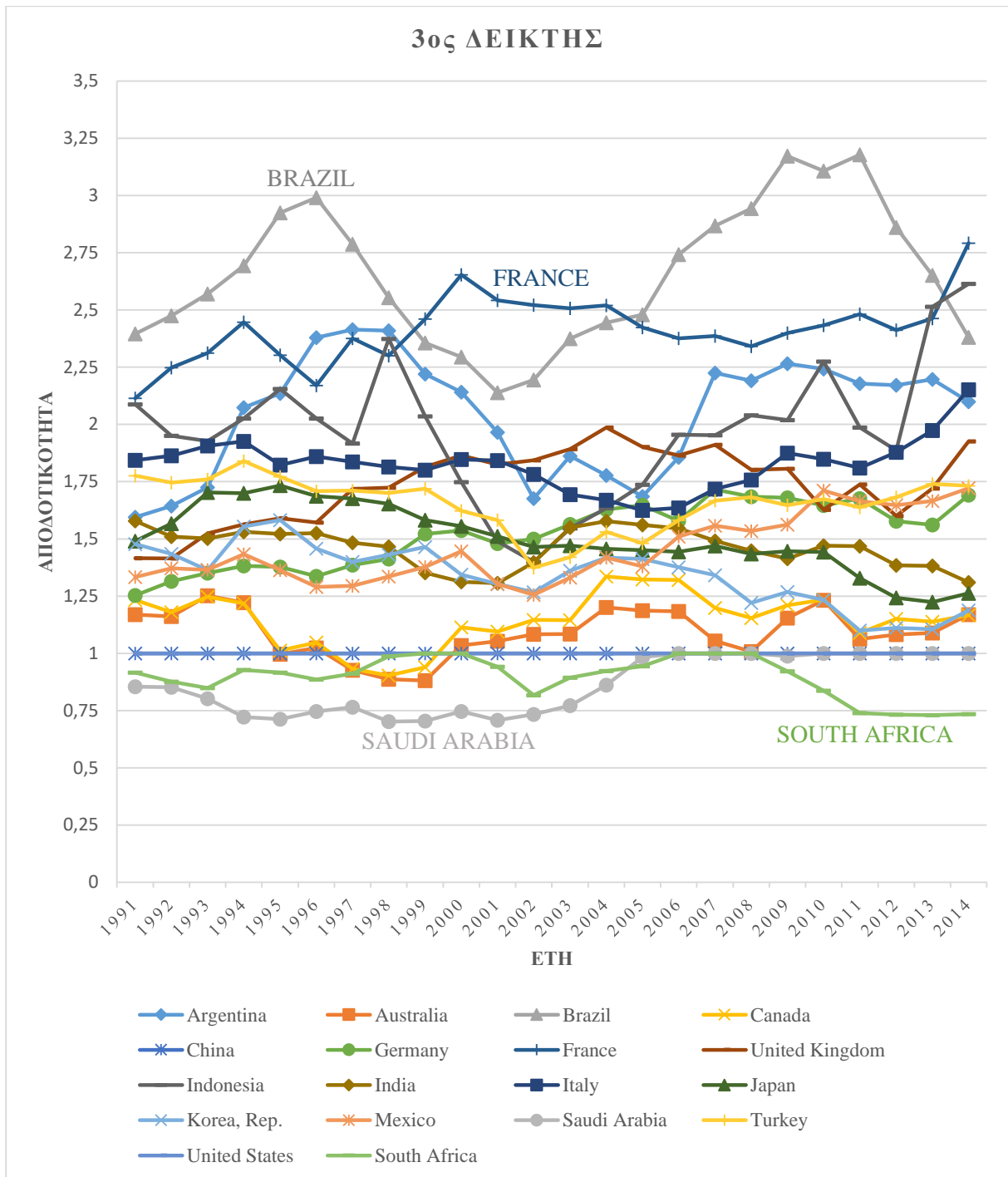
Διάγραμμα Γ.1



Διάγραμμα Γ.2



Διάγραμμα Γ.3



Παράρτημα Δ

Πίνακας Δ.1: Περιβαλλοντικές αποδοτικότητες των χωρών κατά Μ.Ο. ανά έτος για τους τρεις δείκτες

ΕΤΟΣ	Argentina			Australia			Brazil			Canada			China		
	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης
1991	0,4692	1	1,5943	0,4101	0,99	1,1689	1	0,9629	2,3962	0,4444	0,9332	1,2333	0,2612	1	1
1992	0,5221	1	1,644	0,4072	0,9773	1,1616	1	0,9735	2,4746	0,4246	0,908	1,1797	0,2671	1	1
1993	0,6001	1	1,7252	0,3953	0,9949	1,2522	1	1	2,5695	0,4166	0,9144	1,2476	0,2682	1	1
1994	0,6246	1	2,0734	0,3835	1	1,222	1	1	2,6933	0,3961	0,9313	1,2187	0,2479	1	1
1995	0,6099	1	2,1358	0,3654	1	0,9964	1	1	2,9246	0,3731	0,9509	1,0124	0,2321	1	1
1996	0,6785	1	2,3788	0,3281	1	1,0238	1	1	2,9904	0,3402	0,9264	1,0473	0,2122	1	1
1997	0,7522	1	2,4139	0,3702	1	0,9264	1	1	2,787	0,3722	0,9366	0,9316	0,2424	1	1
1998	0,805	1	2,4098	0,3985	1	0,8874	1	1	2,5538	0,3982	0,933	0,9029	0,2734	1	1
1999	0,7174	1	2,2205	0,4037	1	0,8809	0,9361	1	2,3557	0,4129	0,954	0,9392	0,2908	1	1
2000	0,6826	1	2,1416	0,3806	1	1,0349	0,8569	1	2,2947	0,3934	0,9837	1,1131	0,2797	1	1
2001	0,688	1	1,9661	0,4021	1	1,0533	0,835	1	2,1382	0,3986	0,9632	1,0947	0,2968	1	1
2002	0,6219	1	1,6766	0,3849	1	1,0827	0,84	1	2,1946	0,4	0,9615	1,1464	0,2925	1	1
2003	0,6581	1	1,8617	0,43	1	1,0844	0,9131	1	2,3753	0,4169	0,9903	1,1451	0,2857	1	1
2004	0,6071	1	1,7768	0,4287	1	1,2002	0,8994	1	2,4442	0,4282	0,993	1,3351	0,2708	1	1
2005	0,6174	1	1,685	0,431	0,9544	1,1866	0,8658	1	2,4792	0,4349	0,9726	1,3231	0,2551	1	1
2006	0,5943	1	1,8568	0,4075	0,932	1,1829	0,9048	1	2,7417	0,4334	0,9159	1,32	0,243	1	1
2007	0,6039	1	2,2253	0,3849	0,9001	1,0545	0,8943	1	2,867	0,4066	0,9292	1,1986	0,2317	1	1
2008	0,5776	1	2,1916	0,3854	0,9268	1,0082	0,9126	1	2,9434	0,4138	0,8667	1,1545	0,2203	1	1
2009	0,5912	1	2,2656	0,3646	0,9585	1,1545	0,9811	1	3,1726	0,3804	0,8763	1,2103	0,2229	1	1
2010	0,6122	1	2,2423	0,3893	1	1,2322	0,9705	1	3,107	0,3959	0,8486	1,2349	0,2189	1	1
2011	0,6031	1	2,1788	0,3681	1	1,0623	0,9387	1	3,1784	0,3759	0,7811	1,0891	0,1964	1	1
2012	0,6098	1	2,1717	0,3641	1	1,0823	0,8733	1	2,8603	0,391	0,7621	1,151	0,2043	1	1
2013	0,6074	1	2,1971	0,3691	1	1,0894	0,8071	0,9813	2,6516	0,3836	0,7955	1,1384	0,2056	1	1
2014	0,5029	1	2,0994	0,344	1	1,1694	0,6851	0,952	2,3806	0,3416	0,8407	1,167	0,198	1	1
Mean	0,6232	1	2,0472	0,3873	0,9847	1,0916	0,9214	0,9946	2,6489	0,3989	0,9112	1,1473	0,2465	1	1

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

ΕΤΟΣ	Germany			France			United Kingdom			Indonesia			India		
	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης
1991	0,5239	0,8521	1,2531	0,8673	0,9636	2,1143	0,5612	0,938	1,4155	0,8133	1	2,0877	0,4122	1	1,578
1992	0,5533	0,854	1,315	0,9235	0,9679	2,2476	0,5641	0,9366	1,415	0,7532	1	1,95	0,4033	1	1,5099
1993	0,5511	0,8455	1,3508	0,9091	0,9526	2,3119	0,5778	0,9286	1,5237	0,7209	1	1,9274	0,4028	1	1,5016
1994	0,54	0,8598	1,3823	0,9184	0,9718	2,4466	0,5544	0,9404	1,5634	0,7223	1	2,0265	0,3795	1	1,531
1995	0,5158	0,8603	1,3776	0,8353	0,9538	2,3027	0,5418	0,9394	1,5906	0,7134	1	2,1545	0,353	1	1,5211
1996	0,4655	0,8416	1,337	0,7269	0,9282	2,1696	0,5116	0,9207	1,5713	0,6321	1	2,0265	0,3241	1	1,5253
1997	0,5398	0,8515	1,3858	0,8934	0,9581	2,376	0,6248	0,9484	1,7183	0,6346	1	1,917	0,3612	1	1,4828
1998	0,606	0,8605	1,4127	0,9477	0,9989	2,3001	0,6914	0,9704	1,7239	0,7194	1	2,3737	0,4114	1	1,4655
1999	0,6475	0,874	1,5211	1	1	2,4611	0,7157	0,9945	1,8142	0,6326	1	2,0352	0,4124	1	1,3523
2000	0,6073	0,8643	1,5365	1	1	2,6534	0,6966	1	1,8649	0,5246	1	1,7487	0,3851	1	1,3126
2001	0,6051	0,8719	1,4791	1	1	2,5419	0,7161	1	1,8253	0,4839	1	1,4891	0,4041	1	1,3067
2002	0,6106	0,8829	1,4992	1	1	2,5207	0,7271	1	1,8436	0,4625	1	1,3996	0,4136	1	1,3968
2003	0,6637	0,9069	1,5631	1	0,9904	2,5072	0,7544	1	1,8927	0,4795	1	1,5456	0,4602	1	1,5493
2004	0,6745	0,9043	1,628	1	0,9682	2,5198	0,7642	1	1,9867	0,4821	1	1,6347	0,4655	1	1,5769
2005	0,6927	0,9176	1,647	1	0,9629	2,424	0,7671	0,9853	1,9016	0,4957	1	1,7367	0,4759	1	1,5613
2006	0,6626	0,9099	1,5783	1	0,96	2,3758	0,7469	0,9783	1,8646	0,5208	1	1,9553	0,4782	1	1,5454
2007	0,6831	0,9371	1,7155	1	0,9677	2,3863	0,7098	0,9671	1,9109	0,4954	1	1,9531	0,4587	1	1,4908
2008	0,6873	0,9291	1,6848	1	0,9515	2,3405	0,7115	0,9454	1,8014	0,5227	1	2,0398	0,4482	1	1,4481
2009	0,6801	0,8938	1,6793	1	0,9709	2,3993	0,7269	0,9334	1,8058	0,5293	1	2,0187	0,4238	1	1,4133

2010	0,6622	0,8989	1,6453	1	0,9605	2,4323	0,6738	0,9006	1,6278	0,636	1	2,2742	0,4791	1	1,4703
2011	0,6577	0,9088	1,676	1	0,9544	2,4819	0,6842	0,9115	1,7374	0,4977	1	1,9859	0,4479	1	1,4676
2012	0,6481	0,8975	1,5778	1	0,9639	2,4122	0,6717	0,9134	1,6005	0,4922	1	1,8869	0,4312	1	1,3842
2013	0,6309	0,9003	1,5612	1	0,971	2,4635	0,7064	0,9284	1,7206	0,6456	1	2,5139	0,4299	1	1,382
2014	0,6195	0,9246	1,6913	1	0,9879	2,7924	0,7062	0,936	1,9257	0,6387	1	2,6139	0,3752	1	1,3103
Mean	0,6137	0,8853	1,5207	0,9592	0,971	2,4159	0,6711	0,9548	1,7352	0,5937	1	1,9706	0,4182	1	1,4618

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

ΕΤΟΣ	Italy			Japan			Korea, Rep.			Mexico		
	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης
1991	0,7994	1	1,843	0,763	1	1,4897	0,5279	0,933	1,4769	0,643	0,8826	1,3329
1992	0,803	1	1,8634	0,7573	1	1,5664	0,5094	0,9139	1,4338	0,6477	0,8891	1,3719
1993	0,7938	1	1,9065	0,7666	1	1,7031	0,4739	0,86	1,363	0,6246	0,8562	1,3651
1994	0,7693	1	1,9265	0,6956	0,9953	1,6995	0,4553	0,9445	1,5546	0,5778	0,8949	1,4333
1995	0,6958	1	1,8229	0,6621	0,9897	1,7333	0,4257	0,9395	1,5814	0,5098	0,8316	1,3629
1996	0,6568	1	1,8603	0,6059	0,9421	1,6871	0,3857	0,8935	1,457	0,4593	0,8133	1,2904
1997	0,7338	1	1,8365	0,6683	0,9243	1,6758	0,4121	0,8754	1,3993	0,5019	0,8191	1,2948
1998	0,8146	1	1,8142	0,7309	0,9024	1,6534	0,4769	0,8432	1,4305	0,5494	0,8761	1,336
1999	0,8248	1	1,8	0,6992	0,9018	1,5816	0,4832	0,9029	1,4644	0,5577	0,8988	1,3771
2000	0,7726	1	1,8466	0,6494	0,8888	1,5549	0,4312	0,8687	1,3431	0,5631	0,9778	1,4457
2001	0,7977	1	1,8418	0,6585	0,88	1,5109	0,446	0,8406	1,3034	0,5517	0,9557	1,3026
2002	0,7504	1	1,7814	0,6386	0,8743	1,4643	0,456	0,8367	1,2666	0,5412	0,9387	1,2549
2003	0,7613	1	1,6932	0,6734	0,8772	1,4704	0,4998	0,8402	1,3614	0,5548	0,9589	1,3304
2004	0,7426	1	1,6693	0,6655	0,8591	1,4561	0,5026	0,823	1,4179	0,5833	0,9401	1,4178
2005	0,7294	1	1,6251	0,6606	0,8349	1,4508	0,5351	0,8136	1,4127	0,573	0,9157	1,3801
2006	0,7272	1	1,6349	0,6434	0,8189	1,4438	0,5194	0,8075	1,3758	0,5653	0,9857	1,5104
2007	0,7267	1	1,7174	0,5995	0,8293	1,4696	0,4824	0,8016	1,3408	0,5473	1	1,5572
2008	0,7545	1	1,7578	0,5945	0,7953	1,4342	0,4596	0,7698	1,2206	0,5423	1	1,5347
2009	0,7947	1	1,8752	0,6077	0,7713	1,4464	0,4423	0,7919	1,2677	0,5174	0,9532	1,5616
2010	0,77	1	1,8476	0,5892	0,7997	1,4422	0,4208	0,7981	1,2332	0,557	0,9924	1,7109
2011	0,7311	1	1,8098	0,5183	0,7745	1,3291	0,3743	0,7472	1,1	0,5242	0,9704	1,6649
2012	0,7857	1	1,8784	0,5005	0,7758	1,2431	0,3795	0,7514	1,1107	0,5165	0,9673	1,6467
2013	0,8079	1	1,9733	0,48	0,7742	1,2238	0,373	0,7636	1,1048	0,5163	0,9611	1,6657
2014	0,7838	1	2,152	0,4417	0,775	1,2622	0,3545	0,7985	1,1883	0,4818	0,9979	1,7213
Mean	0,7636	1	1,824	0,6362	0,8743	1,4996	0,4511	0,8399	1,342	0,5503	0,9282	1,4529

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

ΕΤΟΣ	Saudi Arabia			Turkey			United States			South Africa		
	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης	1ος Δείκτης	2ος Δείκτης	3ος Δείκτης
1991	0,2747	1	0,8543	0,8319	1	1,7762	0,4438	1	1	0,2206	1	0,9158
1992	0,2712	1	0,8521	0,824	1	1,7461	0,4417	1	1	0,2295	1	0,8765
1993	0,2355	1	0,8018	0,8417	1	1,7598	0,4298	1	1	0,2144	1	0,8484
1994	0,212	1	0,7212	0,746	1	1,8395	0,4108	1	1	0,1931	1	0,9269
1995	0,2579	1	0,712	0,6667	1	1,7719	0,3837	1	1	0,1747	1	0,9161
1996	0,232	1	0,7457	0,6278	1	1,709	0,3575	1	1	0,1667	1	0,8856
1997	0,3054	1	0,7643	0,6789	1	1,7107	0,3996	1	1	0,1765	1	0,9112
1998	0,3154	1	0,7025	0,7089	1	1,7004	0,449	1	1	0,1975	1	0,9873
1999	0,3227	1	0,7043	0,6866	1	1,7193	0,4582	1	1	0,1997	1	1
2000	0,2622	1	0,7458	0,6443	1	1,6226	0,4267	1	1	0,1927	1	1
2001	0,2555	1	0,7077	0,6961	1	1,5821	0,441	1	1	0,2049	1	0,9415
2002	0,2444	1	0,7332	0,6408	1	1,3741	0,4346	1	1	0,2233	1	0,8165
2003	0,2814	1	0,7713	0,6078	1	1,4206	0,4693	1	1	0,2138	1	0,8942
2004	0,2697	1	0,8614	0,6562	1	1,5313	0,4722	1	1	0,1992	1	0,9229
2005	0,3133	1	0,9838	0,6569	1	1,481	0,4647	1	1	0,2216	1	0,9438

2006	0,3192	1	1	0,6302	1	1,5815	0,465	1	1	0,212	1	1
2007	0,3618	1	1	0,5752	1	1,6674	0,432	1	1	0,1995	1	1
2008	0,3966	1	1	0,6061	1	1,6824	0,4347	1	1	0,187	1	1
2009	0,3133	1	0,9878	0,5946	1	1,6474	0,4414	1	1	0,1757	1	0,9223
2010	0,3303	1	1	0,6008	1	1,6744	0,4314	1	1	0,1886	1	0,8363
2011	0,3872	1	1	0,5695	1	1,6382	0,4069	1	1	0,1823	1	0,7396
2012	0,3679	1	1	0,5841	1	1,6823	0,4274	1	1	0,1843	1	0,7326
2013	0,3698	1	1	0,5955	1	1,7401	0,4166	1	1	0,1824	0,9856	0,7299
2014	0,2944	1	1	0,5242	1	1,7314	0,3756	1	1	0,1581	0,9562	0,735
Mean	0,2997	1	0,8604	0,6581	1	1,6579	0,4297	1	1	0,1958	0,9976	0,8951