



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

---

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ

Λεωνίδα Α. Παρούσου

Αθήνα, 2009





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

---

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

---

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ

Λεωνίδα Α. Παρούσου

Πτυχιούχου Οικονομικών Επιστημών, ΕΚΠΑ.

Συμβουλευτική Επιτροπή: Π. Κάπρος  
Κ. Βουρνάς  
Γ. Κορρές

Εγκρίθηκε από την επταμελής εξεταστική επιτροπή την 9<sup>η</sup> Ιουλίου 2009

Π. Κάπρος  
Καθηγητής ΕΜΠ

Κ. Βουρνάς  
Καθηγητής ΕΜΠ

Γ. Κορρές  
Αν.Καθηγητής ΕΜΠ

Ν. Χατζηαργυρίου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Σ. Καβατζά  
Λέκτορας ΕΜΠ

Β. Ράπανος  
Καθηγητής ΕΚΠΑ

Α. Πολυράκης  
Καθηγητής ΣΕΜΦΕ/ΕΜΠ

Αθήνα 2009

(Υπογραφή)

.....

Λεωνίδας Α. Παρούσος  
Διδάκτωρ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Λεωνίδας Α. Παρούσος 2009  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Στην Οικογένεια μου και στην Ελένη.



# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το επιστημονικό αντικείμενο της διατριβής αφορά τον σχεδιασμό και την εμπειρική κατασκευή αναλυτικού μαθηματικού μοντέλου γενικής ισορροπίας που αναπαριστά την οικονομία και τις αλληλεπιδράσεις της με το ενεργειακό σύστημα και το περιβάλλον. Η διατριβή επικεντρώθηκε στο σχεδιασμό και κατασκευή νέων μηχανισμών στο τυπικό μοντέλο γενικής ισορροπίας, με σκοπό την αναπαράσταση με μεγαλύτερη λεπτομέρεια των μέτρων πολιτικής για την ενέργεια και το περιβάλλον στην οικονομία.





# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υπολογιζόμενα μοντέλα γενικής ισορροπίας χρησιμοποιούνται ευρέως<sup>1</sup> προκειμένου να διερευνηθούν τα κλαδικά και αναδιανεμητικά αποτελέσματα διαρθρωτικών, δημοσιονομικών και ενεργειακών πολιτικών. Θεμελιωμένα στην μικροοικονομική θεωρία είναι σε θέση να αποτυπώσουν τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ όλων των αγορών ενός οικονομικού συστήματος και να προσομοιώσουν με συνέπεια τους μηχανισμούς που καθορίζουν την κατανομή των πόρων, της δραστηριότητας και των εισοδημάτων.

Η φύση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής ως εξωτερικό κόστος και η σημαντική μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που απαιτείται προκειμένου αυτά να σταθεροποιηθούν σε "ασφαλή" επίπεδα συγκέντρωσης, συνιστούν την διαμόρφωση και υλοποίηση ενός διεθνούς σχεδίου δράσης. Η τυχόν αδυναμία εξασφάλισης συμμετοχής ικανοποιητικού<sup>2</sup> αριθμού χωρών θα έχει άμεσες επιπτώσεις τόσο στο κόστος προσαρμογής (π.χ. περιορισμός των διαθέσιμων επιλογών για την επίτευξη μείωσης εκπομπών χαμηλού κόστους) όσο και στο περιβαλλοντικό αποτέλεσμα (μετακίνηση της παραγωγής σε χώρες που δεν συμμετέχουν: carbon - leakage).

Η μείωση των εκπομπών επιδρά στο σύνολο της οικονομίας και απαιτεί σημαντική αναδιάρθρωση της κατανάλωσης, της παραγωγής και των επενδύσεων. Το άριστο μίγμα μέτρων πολιτικής και η σημασία της επαρκούς συμμετοχής χωρών βρίσκονται στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής και της ενέργειας. Αυτό αποτέλεσε και το αντικείμενο των εφαρμογών που έγιναν με το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

---

<sup>1</sup> Οικονομική των πόρων [Devarajan, Luis και Robinson (1986)], διεθνές εμπόριο, [de Melo (1988)], δημοσιονομική πολιτική [Pereira και Shoven (1988)], ενέργεια [Capros (1998), Bhattacharaya (1996)], απασχόληση [Francois και Nelson (1998)], κλιματική αλλαγή [Capros (1998), Conrad (1999,2001)].

<sup>2</sup> Ο όρος αυτός αναφέρεται στην κρίσιμη μάζα παικτών (χωρών) που θα πρέπει να συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Δεδομένου ότι 25 χώρες του κόσμου ευθύνονται για το 83% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου η συμμετοχή τους είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε παγκόσμιο μοντέλο γενικής ισορροπίας και σε αυτό ενσωματώθηκαν οικονομικοί μηχανισμοί οι οποίοι επεκτείνουν το τυπικό μοντέλο γενικής ισορροπίας. Σε αυτούς περιλαμβάνονται η μορφοποίηση ατελούς ανταγωνισμού στις αγορές των αγαθών, η ενσωμάτωση ενεργειακού μοντέλου, η αναπαράσταση όλων των αερίων του θερμοκηπίου και η μορφοποίηση της αγοράς εργασίας με ενδογενή ανεργία. Η ανάπτυξη του μοντέλου στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής ξεκίνησε από την τυπική Ευρωπαϊκή έκδοση του μοντέλου GEM-E3<sup>3</sup> το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των επιπτώσεων της ενιαίας αγοράς της Ε.Ε.<sup>4</sup> και την ανάλυση πολιτικών κλιματικής αλλαγής<sup>5</sup>.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε καλύπτει την περίοδο 2000-2030, επιλύεται ταυτόχρονα για όλες τις οικονομίες και πολλούς κλάδους της οικονομίας. Το μοντέλο περιλαμβάνει στα αποτελέσματα του μελλοντικές προεκτάσεις οικονομικών, ενεργειακών και περιβαλλοντικών δεικτών, με βασικότερους το ΑΕΠ και τα συστατικά του, την ευημερία, την απασχόληση, την κλαδική δραστηριότητα, την κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας και την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.

Αν και η ανάπτυξη του μοντέλου έγινε με γνώμονα τα ερωτήματα πολιτικής που τέθηκαν, ο σχεδιασμός του επιτρέπει την χρήση του σε ευρύ φάσμα θεμάτων που αφορούν στις αλληλεπιδράσεις οικονομίας, ενέργειας και περιβάλλοντος. Οι επεκτάσεις που υλοποιήθηκαν δεν συναντώνται συνήθως σε μοντέλα γενικής ισορροπίας. Οι επεκτάσεις που υλοποιήθηκαν αφορούν:

- Αναλυτική αναπαράσταση του ηλεκτρικού τομέα: Τα μοντέλα γενικής ισορροπίας έχουν δεχθεί έντονη κριτική για τον απλουστευμένο τρόπο που περιγράφουν το ενεργειακό σύστημα. Ο κλάδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναπαρίσταται στα μοντέλα γενικής ισορροπίας ως ένας ενιαίος

---

<sup>3</sup> P. Capros, T. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, T. Schmidt, K. Conrad (1997) "European Union: The GEM-E3 General Equilibrium Model", special double issue of "Economic & Financial Modelling" Journal, Vol. 4, numbers 2 & 3, summer/autumn 1997.

<sup>4</sup> "Computable General Equilibrium Modelling for the Ex-post Effects of the EU Internal Market Programme (GEM-E3-SM Model)", final report to the European Commission, DG XV and DG II (1996) .

<sup>5</sup> Capros P., P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter and S. Proost (1997) "Using the GEM-E3 model to study the Double Dividend Issue" in "Documents de Travail", no 39, by the Chambre de Commerce et d Industrie de Paris.

κλάδος (δίχως να γίνεται διάκριση των επιμέρους τεχνολογιών) και η παραγωγή ηλεκτρισμού περιγράφεται με μια αθροιστική συνάρτηση παραγωγής. Η επέκταση του μοντέλου βελτιώνει τις προσομοιωτικές του ιδιότητες τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα (π.χ. επένδυση σε νέες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού ανάλογα με τις προσδοκίες για την ζήτηση του ηλεκτρισμού, την μεταβολή του κόστους κεφαλαίου και καυσίμων). Η επέκταση αυτή δίνει επιπλέον την δυνατότητα προσομοίωσης της μεταβολής στο κόστος παραγωγής που προκαλείται από την ύπαρξη οικονομικών κλίμακας (**learning by doing**) αλλά και έρευνας και ανάπτυξης (**learning by research**).

- Σχεδιασμός και κατασκευή παγκόσμιου μοντέλου γενικής ισορροπίας (πάνω σε υπάρχον μοντέλο) που περιλαμβάνει ολιγοπωλιακό ανταγωνισμό επιχειρήσεων τύπου **Nash-Cournot** και μη σταθερές οικονομίες κλίμακας στην τεχνολογία παραγωγής των επιχειρήσεων.
- Ρεαλιστικός τρόπος αναπαράστασης της αγοράς εργασίας: Τα μοντέλα γενικής ισορροπίας που υιοθετούν την νεοκλασική προσέγγιση αναπαράστασης της αγοράς εργασίας δεν είναι σε θέση να αποτυπώσουν την έννοια της ανεργίας. Για τον σκοπό αυτό η αγορά εργασίας του μοντέλου **GEM-E3** επανασχεδιάστηκε προκειμένου να υπάρξει η σχετική ακαμψία μισθών που οδηγεί σε ανεργία σύμφωνα με την νεο-κεϋνσιανή προσέγγιση.
- Αναπαράσταση μηχανισμού εξαντλήσιμων φυσικών πόρων: Στην βασική έκδοση του μοντέλου **GEM-E3** η εξόρυξη και επεξεργασία των ορυκτών καυσίμων περιλαμβάνονταν στον ίδιο κλάδο του οποίου η παραγωγή δεν επηρεαζόταν από το πεπερασμένο όριο των αποθεμάτων (τα αποθέματα θεωρούνταν μη εξαντλήσιμα). Η επέκταση αυτή εισάγει τα αποθέματα ως ξεχωριστό συντελεστή παραγωγής και ενσωματώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κλάδου εξόρυξης σχετικά με την βέλτιστη διαδρομή εξάντλησης των φυσικών πόρων. Επιπλέον αναπαριστά με πιο ρεαλιστικό τρόπο την επίπτωση στην τιμή που προκαλείται από την μείωση των αποθεμάτων.
- Εισαγωγή όλων των αερίων θερμοκηπίου: Αναπτύχθηκε περιβαλλοντικό υπο-μοντέλο ικανό να ενσωματώσει και να υπολογίσει ενδογενώς το σύνολο των **Non-CO<sub>2</sub>** αερίων του θερμοκηπίου. Η επέκταση ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή των αντίστοιχων καμπυλών οριακής μείωσης και τον σχεδιασμό συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών σε κλαδικό επίπεδο.

- Προσαρμογή του μοντέλου σε πρόσφατα στατιστικά στοιχεία: οι πίνακες κοινωνικής λογιστικής του **GEM-E3** ανανεώθηκαν με πρόσφατα δημοσιευμένα στατιστικά στοιχεία και η βάση δεδομένων επεκτάθηκε προκειμένου να καλύψει όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε.. Σε περιπτώσεις μη διαθέσιμων στοιχείων εφαρμόστηκαν μέθοδοι σταυροειδούς εντροπίας προκειμένου να υπολογιστούν τα απαραίτητα στοιχεία.

Το συνολικό μοντέλο που αναπτύχθηκε αποτελεί ένα σύστημα 136,000 μη γραμμικών εξισώσεων με ισάριθμους αγνώστους για κάθε χρονική περίοδο. Το μοντέλο επιλύεται σε περιβάλλον GAMS με τον αλγόριθμο μεικτής συμπληρωματικότητας PATH.

Τα θέματα πολιτικής που εξετάστηκαν με το μοντέλο στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αφορούν: τις επιπτώσεις διαφορετικών κανόνων επιμερισμού δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο, την σημασία εναλλακτικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τις επιπτώσεις από την προώθηση των ΑΠΕ στο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Ε.Ε., τις επιπτώσεις από την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνικούς σταθμούς στην Ε.Ε. και στις επιπτώσεις από την αύξηση της διεθνούς τιμής των ορυκτών καυσίμων.

Από την ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής προκύπτει ότι στο πλαίσιο της γενικής ισορροπίας οι διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών συνεπάγονται διαφορετικές τιμές των δικαιωμάτων εκπομπών και επομένως διαφορετικό κόστος προσαρμογής. Επίσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου οι κατανομές δικαιωμάτων που είναι ευνοϊκότερες για τις αναπτυσσόμενες χώρες παρουσιάζουν χαμηλότερο κόστος προσαρμογής και επίπτωση στο παγκόσμιο ΑΕΠ.

Η συμβολή της διατριβής έγκειται στην ανάπτυξη εφαρμοσμένου πολυτομεακού μοντέλου γενικής ισορροπίας το οποίο καλύπτει όλες τις οικονομίες του κόσμου και ενσωματώνει πρωτότυπα χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα, η παρούσα διατριβή συμβάλει στην μελέτη των επιπτώσεων διαφόρων μέτρων πολιτικής που στοχεύουν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σχετικά με την διαδικασία προσαρμογής τόσο της ευρωπαϊκής όσο και της παγκόσμιας οικονομίας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>21</b>
1.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ .....	21
1.2	ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....	23
1.3	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ .....	25
1.4	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ .....	26
<b>2</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ</b>	
	<b>ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ</b> .....	<b>30</b>
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	30
2.2	ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ .....	31
2.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ .....	38
2.3.1	<i>Παραμετρική εκτίμηση και προσαρμογή στο έτος βάσης</i> .....	41
2.3.2	<i>Η επιλογή των συναρτησιακών σχέσεων στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας</i> .....	44
2.3.3	<i>Επιλογή του κανόνα κλεισίματος</i> .....	45
2.4	ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ .....	48
2.4.1	<i>Το τυπικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας</i> .....	48
2.4.2	<i>Η ενσωμάτωση της αγοράς χρήματος</i> .....	50
2.4.3	<i>Ατελής ανταγωνισμός στην αγορά προϊόντος</i> .....	52
2.4.4	<i>Αγορά εργασίας</i> .....	54
2.4.5	<i>Ενδογενής τεχνολογική αλλαγή</i> .....	55
2.4.6	<i>Η επίλυση του υποδείγματος γενικής ισορροπίας</i> .....	57
2.5	ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ, ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	59
2.5.1	<i>G-Cubed</i> .....	60
2.5.2	<i>GTEM</i> .....	61
2.5.3	<i>ΕΡΡΑ</i> .....	62
2.5.4	<i>WorldScan</i> .....	63
2.5.5	<i>GTAP</i> .....	65
2.5.6	<i>Επισκόπηση των υποδειγμάτων</i> .....	66
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2</b> .....	<b>69</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2</b> .....	<b>71</b>
<b>3</b>	<b>ΤΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ GEM-E3</b> .....	<b>76</b>
3.1	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....	76
3.2	Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ .....	78
3.3	Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ .....	82
3.4	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ .....	85

3.5	ΕΜΠΟΡΙΟ ΑΓΑΘΩΝ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ .....	87
3.6	ΤΙΜΕΣ .....	89
3.7	Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ WALRAS .....	90
3.8	ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΩΝ ΑΓΟΡΩΝ .....	93
3.9	ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ .....	94
3.10	ΜΕΤΡΟ ΕΥΗΜΕΡΙΑΣ .....	95
3.11	ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ NUMAIRERE .....	96
3.12	ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΕΣ .....	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3 .....		100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3 .....		107
4	<b>Ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΟΥ GEM-E3</b> .....	109
4.1	ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	110
4.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ GEM-E3 .....	113
4.2.1	<i>Πίνακες προσφοράς και χρήσης</i> .....	114
4.2.2	<i>Συμμετρικοί πίνακες εισροών εκροών</i> .....	117
4.2.3	<i>Μετασηματισμός του συμμετρικού πίνακα εισροών εκροών από βασικές τιμές σε τιμές παραγωγού</i> .....	118
4.2.4	<i>Χειρισμός των ξεχωριστών λογαριασμών</i> .....	120
4.2.5	<i>Συναλλαγές που δεν καλύπτονται από το υπόδειγμα</i> .....	120
4.2.6	<i>Συναλλαγές μεταξύ οικονομικών παραγόντων</i> .....	121
4.2.7	<i>Κατανάλωση οικιακού τομέα</i> .....	123
4.2.8	<i>Δημόσια κατανάλωση και φορολογία</i> .....	125
4.2.9	<i>Επενδύσεις</i> .....	125
4.2.10	<i>Εμπόριο αγαθών &amp; υπηρεσιών</i> .....	126
4.3	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ GEM-E3-WORLD .....	127
4.3.1	<i>Υπολογισμός φόρων στο GTAP</i> .....	128
4.3.2	<i>Πίνακας εισροών εκροών GTAP</i> .....	130
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4 .....		132
5	<b>ΟΙ ΠΡΩΤΟΤΥΠΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ GEM-E3</b> .....	133
5.1	Η ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ .....	136
5.1.1	<i>Τεχνικοοικονομικά δεδομένα της ηλεκτροπαραγωγής</i> .....	140
5.1.2	<i>Κόστος παραγωγής και μερίδια αγοράς</i> .....	141
5.1.3	<i>Εναρμόνιση πινάκων εισροών εκροών με τεχνικοοικονομικά δεδομένα</i> .....	143
5.1.4	<i>Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο υπόδειγμα GEM-E3</i> .....	147
5.2	Η ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ .....	150
5.2.1	<i>Προέλευση των αερίων θερμοκηπίου</i> .....	150

5.2.2	Αέρια του θερμοκηπίου από την γεωργία .....	151
5.2.3	Αέρια του θερμοκηπίου από χωματερές και απόβλητα .....	152
5.2.4	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον κλάδο της ενέργειας (εκτός CO <sub>2</sub> ).....	153
5.2.5	Αέρια του θερμοκηπίου από βιομηχανικές δραστηριότητες .....	155
5.2.6	Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2010-2030.....	161
5.2.7	Εισαγωγή των αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3.....	162
5.2.8	Μεθοδολογική προσέγγιση ενσωμάτωσης αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3	164
5.3	ΟΙ ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ .....	167
5.3.1	Ο μηχανισμός εξαντλούμενων φυσικών πόρων στο GEM-E3 .....	168
5.3.2	Ο μηχανισμός εξάντλησης των αποθεμάτων και η επίπτωση του στην τιμή.....	171
5.4	ΑΤΕΛΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ.....	173
5.4.1	Διαφοροποίηση προϊόντος.....	174
5.4.2	Ολιγοπωλιακός ανταγωνισμός .....	175
5.5	ΑΓΟΡΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	177
5.5.1	Μισθοί αποτελεσματικότητας.....	180
5.6	Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ .....	181
5.6.1	Υποθέσεις σεναρίου αναφοράς .....	182
5.6.2	Το σενάριο αναφοράς για την Ε.Ε.....	182
5.6.3	Το σενάριο αναφοράς για τον Κόσμο. ....	184
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5.....		196
<b>6</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΙΜΑ .....</b>	<b>199</b>
6.1	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ .....	199
6.1.1	Η αρχή της ισότητας και η αποτελεσματικότητα στην κατανομή δικαιωμάτων .....	200
6.1.2	Ορισμός των σεναρίων .....	203
6.1.3	Η εξέλιξη της τιμής του δικαιώματος εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου .....	205
6.1.4	Προσαρμογή της παγκόσμιας δραστηριότητας.....	207
6.1.5	Αλλαγές στα κλαδικά επίπεδα παραγωγής.....	208
6.1.6	Μακροοικονομικές επιπτώσεις σε εθνικό επίπεδο .....	210
6.1.7	Ενδογενής κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου .....	217
6.1.8	Συμπεράσματα .....	220
6.2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΕΠΙΤΕΥΧΘΕΙ Ο ΣΤΟΧΟΣ ΤΩΝ 2	
	ΒΑΘΜΩΝ ΚΕΛΣΙΟΥ .....	221
6.2.1	Σενάρια μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου .....	221
6.2.2	Εφαρμογή των σεναρίων σταθεροποίησης της θερμοκρασίας σε 2° C το 2050.....	224
6.2.3	Αποτελέσματα σεναρίων .....	225
6.2.4	Σενάριο 1: γρήγορη συμμετοχή στο ETS.....	228
6.2.5	Σενάριο 2: συμμετοχή μόνο όταν υπάρχει στόχος περιορισμού εκπομπών .....	229

6.2.6	Σενάριο 3: συμμετοχή στο ETS μόνο Annex I.....	231
6.2.7	Συμπεράσματα .....	232
6.3	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΔΑΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ .....	233
6.3.1	Κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης.....	235
6.3.2	Σενάρια κλιματικής αλλαγής .....	237
6.3.3	Αποτελέσματα προσομείωσης .....	239
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6.....		244
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6.....		246
<b>7</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ .....</b>	<b>247</b>
7.1	ΣΕΝΑΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	247
7.1.1	Μεθοδολογία .....	248
7.1.2	Αποτελέσματα αύξησης τιμών ενέργειας .....	250
7.2	ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	256
7.2.1	Μεθοδολογία .....	257
7.2.2	Τα αποτελέσματα του σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας.....	261
7.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	266
7.4	ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	268
7.4.1	Μεθοδολογία .....	270
7.4.2	Αποτελέσματα προσομείωσης .....	277
7.4.3	Συμπεράσματα .....	283
7.5	ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	284
7.5.1	Μεθοδολογία .....	284
7.5.2	Μακροοικονομικές επιπτώσεις του σεναρίου στην Ε.Ε.....	286
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7.....		290
<b>8</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>293</b>



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1: Συγκριτική παρουσίαση υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας.....	70
Πίνακας 3-1: Ελαστικότητες υποκατάστασης συντελεστών παραγωγής.....	98
Πίνακας 3-2: Ελαστικότητες εισοδήματος.....	99
Πίνακας 3-3: Ελαστικότητες υποκατάστασης στο εμπόριο.....	99
Πίνακας 4-1: Πίνακας κοινωνικής λογιστικής GEM-E3.....	115
Πίνακας 4-2: Θεσμικοί τομείς.....	121
Πίνακας 4-3: Φόροι εισοδήματος (D5) – Γερμανία – έτος 2005 – (εκατ. €).....	123
Πίνακας 4-4: Πίνακας κατανάλωσης - Ηνωμένο Βασίλειο - έτος 2000 – (εκατ. €).....	124
Πίνακας 4-5: Πίνακας Επένδυσης – Ηνωμένο Βασίλειο - έτος 2000 - (εκατ.€).....	126
Πίνακας 4-6: Ο πίνακας εισροών εκροών του GEM-E3 εκφρασμένος με μεταβλητές GTAP.....	131
Πίνακας 5-1: Τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στο υπόδειγμα GEM-E3.....	140
Πίνακας 5-2: Δομή κόστους τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού.....	142
Πίνακας 5-3: Αντιστοίχιση τεχνικοοικονομικών δεδομένων με τον πίνακα εισροών εκροών.....	144
Πίνακας 5-4: Πίνακας διάσπασης κλάδου ηλεκτρισμού (H.B.).....	145
Πίνακας 5-5: Ο τελικός πίνακας του H.B.....	147
Πίνακας 5-6: Πηγή προέλευσης των αερίων του θερμοκηπίου.....	151
Πίνακας 5-7: Κόστη για τα μέτρα μείωσης εκπομπών CH <sub>4</sub> που προέρχονται από τα απορρίμματα.....	153
Πίνακας 5-8: Κόστη για τα μέτρα μείωσης εκπομπών CH <sub>4</sub> και N <sub>2</sub> O που προέρχονται από λήμματα.....	153
Πίνακας 5-9: CH <sub>4</sub> από πετρέλαιο και φυσικό αέριο.....	154
Πίνακας 5-10: CH <sub>4</sub> από εξόρυξη άνθρακα (μέτρα μείωσης).....	154
Πίνακας 5-11: SF <sub>6</sub> (μέτρα μείωσης για συστήματα μεταφοράς ηλεκτρισμού).....	155
Πίνακας 5-12: Αντιστοίχιση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κλάδων του GEM-E3.....	166
Πίνακας 5-13: Ετήσιος ρυθμός μεταβολής ΑΕΠ κρατών μελών Ε.Ε.....	183
Πίνακας 5-14: Παραγωγικότητα εργασίας ΕΕ-25 (1994-2005) ανά κλάδο - ετήσιοι ρυθμοί μεταβολής.....	187
Πίνακας 5-15: Συνολική παραγωγικότητα (Total Factor Productivity) ΕΕ27.....	187
Πίνακας 5-16: Πρόβλεψη εξέλιξης ανθρώπινου δυναμικού ΕΕ25.....	188
Πίνακας 5-17: Κλάδοι παραγωγής της Ευρωπαϊκής έκδοσης του υποδείγματος GEM-E3.....	191
Πίνακας 5-18: Λειτουργικές διακρίσεις καταναλωτικών προϊόντων (COICOP).....	192
Πίνακας 5-19: Κλάδοι παραγωγής του υποδείγματος GEM-E3-EU-GEN.....	194
Πίνακας 5-20: Κλάδοι παραγωγής και χώρες του παγκοσμίου υποδείγματος GEM-E3.....	195
Πίνακας 6-1: Παγκόσμιο ΑΕΠ και παραγωγή (2030 - %μεταβολές από το σενάριο αναφοράς).....	207
Πίνακας 6-2: Λόγος δικαιωμάτων εκπομπών προς εκπομπές αερίων σεναρίου αναφοράς (2030).....	211
Πίνακας 6-3: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά περιοχή (2030).....	212
Πίνακας 6-4: Αγορές/Πωλήσεις δικαιωμάτων εκπομπών ως ποσοστό του ΑΕΠ (2030).....	213

Πίνακας 6-5: % Μεταβολή Ευημερίας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (2030) .....	215
Πίνακας 6-6: Σύγκριση δικαιωμάτων εκπομπών, ENDO, SMS, PCC (% μεταβολές από το 2030).....	218
Πίνακας 6-7: Κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών ENDO σενάριο (b.t. of CO <sub>2</sub> eq), 550ppmv.....	219
Πίνακας 6-8: Περιορισμοί εκπομπών ανά ομάδα και ανά χρονική περίοδο .....	223
Πίνακας 6-9: Συνοπτικά αποτελέσματα σεναρίων επίτευξης του στόχου των 2° C.....	227
Πίνακας 6-10: Σενάριο 1 - διεθνής συμμετοχή στο ETS (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς) .....	229
Πίνακας 6-11: Σενάριο 2 - Συμμετοχή στο ETS όταν υπάρχουν στόχοι (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς).....	230
Πίνακας 6-12: Σενάριο 3 - Annex I στο ETS (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς) .....	231
Πίνακας 6-13: Μεριδίο των ενεργοβόρων βιομηχανιών στο ΑΕΠ της Ε.Ε.27 και έκθεση στις παγκόσμιες αγορές (2005).....	235
Πίνακας 6-14: Συστατικά του σύνθετου αγαθού (2005).....	235
Πίνακας 6-15: Σενάρια αναφοράς.....	238
Πίνακας 6-16: Μακροοικονομικές επιπτώσεις και αέρια του θερμοκηπίου (2020, % αλλαγή από το σενάριο αναφοράς). .....	240
Πίνακας 6-17: Παραγωγή και Εμπόριο ανά κλάδο (2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς) .....	241
Πίνακας 6-18: Μακροοικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του μέτρου ΒΤΑ (2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς).....	242
Πίνακας 6-19: Επιπτώσεις στην παραγωγή και το εμπόριο ανά δραστηριότητα (ΒΤΑ- 2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς).....	243
Πίνακας 6-20 Ενδογενής υπολογισμός δασμών για τα σενάρια ΒΤΑ I και ΒΤΑ II.....	245
Πίνακας 7-1: Εξέλιξη τιμής καυσίμων (%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς) .....	248
Πίνακας 7-2: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου (Ε.Ε.).....	253
Πίνακας 7-3: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και μεσαίων τιμών φυσικού αερίου (Ε.Ε.) .....	253
Πίνακας 7-4: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου ανά χώρα.....	254
Πίνακας 7-5: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και μεσαίων τιμών φυσικού αερίου ανά χώρα.....	255
Πίνακας 7-6: Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας υπό το σενάριο υψηλών τιμών ορυκτών καυσίμων.....	267

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2-1: Η ανάπτυξη των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας.....	33
Σχήμα 2-2: Μεθοδολογικές θεωρήσεις ανάπτυξης οικονομικών υποδειγμάτων.....	40
Σχήμα 3-1: Οικονομικό κύκλωμα στο υπόδειγμα GEM-E3. ....	78
Σχήμα 3-2: Ιεραρχική δομή συνάρτησης παραγωγής (σε όγκους και τιμές).....	79
Σχήμα 4-1: Υπολογισμός του πίνακα καθαρών φόρων επί του προϊόντος.....	119
Σχήμα 4-2: Σχηματική μεθοδολογία υπολογισμού των συναλλαγών μεταξύ θεσμικών τομέων.....	122
Σχήμα 5-1: “Knife edge” μετάβαση μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών. ....	138
Σχήμα 5-2: Σύνδεση bottom-up και top-down υποδειγμάτων.....	139
Σχήμα 5-3: Παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ε.Ε.27 (2005).....	142
Σχήμα 5-4: Μεριδία κόστους παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρισμού (2005).....	143
Σχήμα 5-5: Δένδρο παραγωγής ηλεκτρισμού. ....	148
Σχήμα 5-6: Non-CO <sub>2</sub> GHGs από βιομηχανικές δραστηριότητες (EE27-2005).....	156
Σχήμα 5-7: Καμπύλες οριακού κόστους μείωσης εκπομπών (Ε.Ε. 2010). ....	164
Σχήμα 5-8: Επίπεδα συνάρτησης παραγωγής CES με την εισαγωγή εξαντλούμενων πόρων ....	170
Σχήμα 5-9: Εξαντλήσιμοι πόροι και πορεία τιμής.....	171
Σχήμα 5-10: Διαφοροποίηση αγορών στο GEM-E3 (επίπεδα Armington).....	176
Σχήμα 6-1: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο ανά σενάριο.....	203
Σχήμα 6-2: Εξέλιξη τιμής δικαιώματος (550 / 650 ppmv).....	205
Σχήμα 6-3: Ευημερία, αγορές/πωλήσεις δικαιωμάτων ως % του ΑΕΠ (2030 – SMS1 550 ppmv).....	214
Σχήμα 6-4: Καμπύλη Lorenz και συντελεστές GINI (2030).....	220



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Περιγραφή του επιστημονικού αντικειμένου

Το 2007 η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος επισήμανε ότι μεγάλο μέρος της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης από τα μέσα του 20ου αιώνα και έπειτα οφείλεται στην αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η απότομη αλλαγή του κλίματος ενδέχεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην γεωργία, στην αλιεία, στην ποιότητα και διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων, να προκαλέσει απώλεια βιοποικιλότητας και υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, ενώ οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες αναμένεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, IPCC (2001).

Η Ε.Ε. μέσω του προγράμματος δράσης για το περιβάλλον - απόφαση Ν<sup>ο</sup> 1600/2002 του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου υιοθέτησε τους στόχους μείωσης που είχαν τεθεί από το πρωτόκολλο του Κιότο. Με το πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον η Ε.Ε. δεσμεύτηκε να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Επιπρόσθετα τον Ιανουάριο του 2009 η Ευρωπαϊκή επιτροπή αποφάσισε σε ένα πακέτο δραστηριοτήτων σχετικών με την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σύμφωνα με το πακέτο αυτό η Ε.Ε. αναλαμβάνει να μειώσει τα αέρια θερμοκηπίου της κατά 20% σε σχέση με το 1990 έως το 2020 (η Ε.Ε. προτίθεται, σε περίπτωση που υπάρξει παγκόσμια συμφωνία μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, να μειώσει κατά 30% έως το 2020 τα αέρια του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990). Επιπλέον η Ε.Ε. έθεσε ως στόχο την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα την αύξηση του μεριδίου παραγωγής ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές στο 20% το 2020.

Προκειμένου όμως να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα πρέπει να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν νέα μέτρα μακροπρόθεσμου ορίζοντα τα οποία θα εξασφαλίζουν την συμμετοχή όλων των χωρών με τρόπο δίκαιο και αποδοτικό. Η φύση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής (δημόσιο αγαθό) σε συνδυασμό με τη

δυσκολία αποτίμησης του κοινωνικοοικονομικού της κόστους καθιστούν ιδιαίτερα πολύπλοκο τον σχεδιασμό μέτρων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Για να μπορέσει να λειτουργήσει αποτελεσματικά και αποδοτικά ένα σχέδιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά: i) να προϋποθέτει και να επιτυγχάνει την συμμετοχή όλων των χωρών που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ii) να προσδιορίζει την τιμή του άνθρακα (carbon price) με τρόπο ώστε να αποτυπώνεται πλήρως το κοινωνικοοικονομικό κόστος. Οι οικονομικοί παράγοντες κάθε οικονομίας πρέπει να έχουν μία σωστή εκτίμηση για τις τιμές του άνθρακα προκειμένου να λάβουν ορθολογικές αποφάσεις σχετικά με την παραγωγή, την κατανάλωση, τις επενδύσεις, την προώθηση της καινοτομίας κτλ.. Τα θεμελιώδη ερωτήματα που ανακύπτουν στην προσπάθεια κατάρτισης ενός ενιαίου πλαισίου δράσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αφορούν στο πως πρέπει να καταμεριστεί η προσπάθεια μείωσης των αερίων ούτω ώστε αυτή να είναι αποτελεσματική και δίκαια, στο πόσο πρέπει να μειωθούν τα αέρια του θερμοκηπίου και σε ποιο χρονικό ορίζοντα θα πρέπει να λάβουν χώρα οι μειώσεις αυτές. Ο προσδιορισμός του κόστους προσαρμογής της παγκόσμιας οικονομίας αποτελεί το βασικό κριτήριο για την διαμόρφωση των μέτρων πολιτικής.

Τα κλιματικά υποδείγματα μπορούν να δώσουν απαντήσεις για τα "ασφαλή" επίπεδα συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου αλλά και για τον χρονικό ορίζοντα στον οποίο τα μέτρα πολιτικής πρέπει να υλοποιηθούν. Ο προσδιορισμός όμως του συνολικού κόστους προσαρμογής της οικονομίας απαιτεί ένα θεωρητικό πλαίσιο το οποίο θα λαμβάνει υπ' όψιν του όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οικονομικών παραγόντων της οικονομίας καθώς και τις σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ των οικονομιών. Επιπλέον πρέπει να προσφέρει την δυνατότητα της συγκριτικής αξιολόγησης εναλλακτικών μέτρων πολιτικής. Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας θεωρούνται το βασικό εργαλείο για την ανάλυση των επιπτώσεων πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στην αναδιανομή του εισοδήματος σε ευρύτερο οικονομικό πλαίσιο. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας αναπαριστούν ταυτόχρονα τις αλληλεπιδράσεις όλων των αγορών, αναπαριστούν το συνολικό κύκλωμα ροής του εισοδήματος για όλους τους οικονομικούς παράγοντες και είναι θεμελιωμένα σε αυστηρό μικροοικονομικό θεωρητικό πλαίσιο.

## 1.2 Σημασία του προτεινόμενου υποδείγματος.

Η παρούσα διατριβή έχει ως σκοπό την ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένου μοντέλου γενικής ισορροπίας το οποίο θα είναι σε θέση να μελετήσει με συνέπεια θέματα που αφορούν στην κλιματική αλλαγή, στην ενέργεια και στην αλληλεπίδραση τους με το οικονομικό σύστημα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δομικών πολιτικών που αφορούν το σύνολο της οικονομίας προϋποθέτει την υιοθέτηση ενός θεωρητικού πλαισίου το οποίο θα περιλαμβάνει με διαφανή και συνεπή τρόπο την σχέση μεταξύ επιχειρήσεων, νοικοκυριών, κράτους και υπόλοιπου κόσμου. Τέτοιου είδους θεωρητικό πλαίσιο είναι αυτό της γενικής ισορροπίας. Τα μοντέλα γενικής ισορροπίας προσδιορίζουν τις συμπεριφορές όλων των οικονομικών παραγόντων σύμφωνα με τις αρχές της μικροοικονομικής θεωρίας και τις ενσωματώνουν, με συστηματικό τρόπο, σε ένα ενιαίο θεωρητικό πλαίσιο. Αυτή η μεθοδολογική προσέγγιση επιτρέπει την μελέτη του συνόλου των αλληλεπιδράσεων που προκαλούνται από μία μετακίνηση του οικονομικού συστήματος από το αρχικό σημείο ισορροπίας. Ιδιαίτερα όμως επιτρέπει τον προσδιορισμό των παραγόντων που συμβάλουν στην διαδικασία προσαρμογής του οικονομικού συστήματος στην νέα ισορροπία. Επιπλέον το οικονομικό σύστημα στο οποίο δραστηριοποιούνται οι οικονομικοί παράγοντες είναι κλειστό. Δεν υπάρχει δηλαδή δημιουργία ή απώλεια εισοδήματος από το σύστημα αφού κάθε προσαρμογή της οικονομίας σε ένα νέο επίπεδο ισορροπίας συνίσταται στην ανακατανομή των πεπερασμένων πόρων του συστήματος. Η χρήση επίσης του μέτρου της ευημερίας του καταναλωτή για την αξιολόγηση των επιδόσεων διάφορων μέτρων πολιτικής αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα των μοντέλων γενικής ισορροπίας.

Τα τυπικά εφαρμοσμένα μοντέλα γενικής ισορροπίας που έχουν χρησιμοποιηθεί έως τώρα δεν περιλαμβάνουν κάποια χαρακτηριστικά τα οποία θα τους επέτρεπαν να αξιολογήσουν με μεγαλύτερη συνέπεια τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα τα υποδείγματα αυτά υπολείπονται ενός η περισσότερων από τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Λεπτομερή αναπαράσταση του κλάδου παραγωγής ηλεκτρισμού. Η πλειοψηφία των υποδειγμάτων δεν διακρίνει τις τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού αλλά αναπαριστά την παραγωγή ηλεκτρισμού από έναν μόνο "αντιπροσωπευτικό" κλάδο. Κάποιες εξαιρέσεις (**Bohringer, 1998**) διακρίνουν τις τεχνολογίες

παραγωγής χρησιμοποιώντας όμως ανάλυση δραστηριότητας, μεθοδολογία που παρουσιάζει απότομες μεταβολές στην σύνθεση των τεχνολογιών της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον στα υποδείγματα αυτά η λήψη επενδυτικών αποφάσεων δεν λαμβάνεται στο επίπεδο της κάθε τεχνολογίας ξεχωριστά αλλά στο επίπεδο του κλάδου ηλεκτρισμού (η επένδυση αυτή κατανέμεται στις τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού με σταθερά μερίδια).

- Αναπαράσταση όλων των αερίων του θερμοκηπίου και των αντίστοιχων οριακών καμπυλών μείωσης. Η πλειοψηφία των υποδειγμάτων περιλαμβάνει μόνο τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από την χρήση ορυκτών καυσίμων.
- Ενσωμάτωση μηχανισμού αναπαράστασης εξαντλήσιμων φυσικών πόρων. Η έννοια των περιορισμένων ενεργειακών αποθεμάτων (φυσικού αερίου και πετρελαίου) δεν υφίσταται στα εφαρμοσμένα υποδείγματα γενικής ισορροπίας και η αναπαράσταση των ενεργειακών κλάδων γίνεται συνήθως με αθροιστικές συναρτήσεις παραγωγής που έχουν ως εισροές το κεφάλαιο, την εργασία, τα μηχανήματα και τις υπηρεσίες.
- Η μη ρεαλιστική νεοκλασική θεώρηση της πλήρους απασχόλησης των συντελεστών παραγωγής. Συγκεκριμένα η αγορά εργασίας στην πλειοψηφία των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας θεωρείται τέλεια και η ανεργία είναι ηθελημένη (προκύπτει δηλαδή από την επιλογή του καταναλωτή για επιπλέον ελεύθερο χρόνο).
- Η έλλειψη δυνατότητας επενδύσεων σε προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι επεκτάσεις που πραγματοποιήθηκαν στο υπόδειγμα GEM-E3 μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτές που αφορούν την ανανέωση της βάσης δεδομένων, την διεύρυνση της γεωγραφικής και κλαδικής κάλυψης του υποδείγματος και σε αυτές που αφορούν στην ρεαλιστικότερη αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων ενέργειας-οικονομίας. Το υπόδειγμα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής αυτής έχει ως στόχο:

- Να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο στην ποσοτική ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.
- Να διευρύνει το πεδίο της ανάλυσης τόσο σε γεωγραφικό επίπεδο όσο και σε κλαδικό επίπεδο αγορών.



- Να αξιολογήσει τα αποτελέσματα μιας σειράς ενεργειακών πολιτικών σχετικών την εξοικονόμηση ενέργειας και την αναδιάρθρωση του ενεργειακού χαρτοφυλακίου της Ε.Ε..

### 1.3 Εφαρμογές

Η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας αυξάνεται διαρκώς οδηγούμενη από την σταθερή οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση του πληθυσμού. Τα ορυκτά καύσιμα συνεχίζουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ικανοποίηση της ζήτησης ενέργειας έως ότου εναλλακτικές και σύγχρονες τεχνολογίες τα αντικαταστήσουν. Η συνεχής εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου και καθιστά ευάλωτες, στις διακυμάνσεις της τιμής και τροφοδοσίας τους, τις περιοχές που είναι καθαροί εισαγωγείς των καυσίμων αυτών. Έτσι ο ρόλος της εξοικονόμησης ενέργειας και της διεύθυνσης καθαρών τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού στο βαθμό που δεν θα υπονομεύουν αλλά θα στηρίζουν την οικονομική ανάπτυξη των χωρών καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός. Ο παγκόσμιος χαρακτήρας του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, η απελευθέρωση του παγκόσμιου εμπορίου και η ενοποίηση των διεθνών αγορών συνεπάγεται ότι η μελέτη των διαφορετικών πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και του ενεργειακού σχεδιασμού της κάθε χώρας θα πρέπει να γίνει σε ένα ενιαίο μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο θα λαμβάνει υπ' όψιν του τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις των ξεχωριστών οικονομιών. Έτσι το μοντέλο που αναπτύχθηκε είναι γενικής χρήσης και στοχεύει στο να μπορεί να αντιμετωπίσει μια σειρά θεμάτων που αφορούν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τον ενεργειακό σχεδιασμό κάθε χώρας.

Η αξιολόγηση των διαφορετικών μέτρων πολιτικής γίνεται με βάση την απόδοση τους σε μια σειρά από δείκτες όπως η ευημερία, η κλαδική και συνολική δραστηριότητα, η απασχόληση και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Η αξιολόγηση κάθε πολιτικής γίνεται με βάση την μεταβολή που επιφέρει η πολιτική αυτή στους δείκτες που προαναφέρθηκαν σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Το σενάριο αναφοράς προσομοιώνει μια κατάσταση της οικονομίας όπου δεν συμπεριλαμβάνεται κανένα από τα προς εξέταση μέτρα πολιτικής.

Οι εφαρμογές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής είναι οι ακόλουθες:

- Αξιολόγηση διαφορετικών αρχών προσδιορισμού των στόχων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου κάθε χώρας στο πλαίσιο μιας παγκόσμιας προσπάθειας αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.
- Αξιολόγηση παγκόσμιας προσπάθειας μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να σταθεροποιηθεί ο ρυθμός αύξησης της μέσης θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα.
- Αξιολόγηση του μέτρου **border tax adjustment (BTA)** σε σχέση με την αποτελεσματικότητα του όσον αφορά την προστασία της ανταγωνιστικότητας των βιομηχανιών υψηλής ενεργειακής έντασης.
- Αποτίμηση των επιπτώσεων από την αύξηση των τιμών άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου
- Μελέτη των αναδιανεμητικών επιπτώσεων από την προώθηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή σύνθεση της Ευρώπης, ως μέσο βελτίωσης της ενεργειακής ασφάλειας, διαφοροποίησης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού και μείωσης των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου.
- Μελέτη των αναδιανεμητικών επιπτώσεων από την προώθηση του μεριδίου των πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας στην ενεργειακή σύνθεση της Ευρώπης, ως μέσο βελτίωσης της ενεργειακής ασφάλειας, διαφοροποίησης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού και μείωσης των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου.

#### 1.4 Δομή της διατριβής

Το πρώτο κεφάλαιο της διατριβής εισάγει το αντικείμενο της διατριβής και προσδιορίζει την πρωτότυπη συνεισφορά της. Αναφέρονται συνοπτικά τα σενάρια πολιτικής που μελετήθηκαν, οι επεκτάσεις που υλοποιήθηκαν στο υπόδειγμα και η συνεισφορά των επεκτάσεων στην βελτίωση των ιδιοτήτων προσομοίωσης του μοντέλου GEM-E3.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ιστορική ανασκόπηση της ανάπτυξης των μοντέλων γενικής ισορροπίας και επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις εφαρμογές τους. Στην συνέχεια ακολουθεί κριτική παρουσίαση της μεθοδολογικής προσέγγισης της γενικής ισορροπίας, υπό την έννοια ότι παρουσιάζονται τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προσέγγισης αυτής. Γίνεται ανάλυση των θεμάτων που παρουσιάζουν

ερευνητικό ενδιαφέρον σήμερα παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά, από άποψη θεωρητικής τεκμηρίωσης και εφαρμογής, μοντέλα γενικής ισορροπίας εντοπίζονται οι αδυναμίες τους και σε σχέση με αυτές τοποθετούνται οι προτεινόμενες επεκτάσεις του υποδείγματος.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει την βασική δομή του υποδείγματος GEM-E3 στο οποίο βασίστηκαν όλες οι προτεινόμενες επεκτάσεις. Η τυπική μορφή αυτή βασίζεται κυρίως σε προϋπάρχουσες προσεγγίσεις και η κατασκευή της δεν αποτελεί αντικείμενο της διατριβής. Στα πλαίσια του μοντέλου αυτού, η παρούσα διατριβή συνείσφερε στην επέκταση του υποδείγματος ώστε να καλύπτει όλες τις χώρες του κόσμου με ενδογενή τρόπο και στην ενσωμάτωση νέων μηχανισμών.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει την βάση δεδομένων του υποδείγματος και αναλύει το τρόπο χειρισμού των στατιστικών στοιχείων ώστε να υπολογιστούν οι πίνακες κοινωνικής λογιστικής του υποδείγματος. Επιπλέον παρουσιάζεται ο τρόπος κατασκευής των πινάκων κατανάλωσης, των πινάκων επενδύσεων και των πινάκων διμερούς εμπορίου.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά στην παρουσίαση των πρωτότυπων επεκτάσεων του υποδείγματος. Οι επεκτάσεις αυτές αφορούν την λεπτομερή αναπαράσταση του ενεργειακού συστήματος, την ενσωμάτωση μηχανισμού εξαντλήσιμων πόρων, την εισαγωγή ατελειών στην αγορά εργασίας, την εισαγωγή όλων των αερίων του θερμοκηπίου και την εισαγωγή ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού στην αγορά προϊόντος. Το κεφάλαιο αυτό συμπληρώνεται με την παρουσίαση του σεναρίου αναφοράς του μοντέλου.

Το έκτο κεφάλαιο παρουσιάζει την ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Τα σενάρια που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό αφορούν τις επιπτώσεις στην παγκόσμια οικονομία από διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του μέτρου προστασίας *border tax adjustment (BTA)*.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση της αύξησης των διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων, προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, της διεϊσδυσης ανανεώσιμων πηγών στο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Ε.Ε. και της επέκτασης της παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνικούς σταθμούς.

Η διατριβή καταλήγει με την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων σχετικών με τα σενάρια πολιτικής που εξεταστήκαν και την μεθοδολογία κατασκευής μοντέλων γενικής ισορροπίας. Τέλος προτείνει θέματα περαιτέρω έρευνας για την βελτίωση της μεθοδολογίας των μοντέλων γενικής ισορροπίας.

*ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 1*

1. IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
2. Decision No 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council laying down the Sixth Community Environment Action Programme.
3. Böhringer, Christoph, T.F. Rutherford und A. Voß (1998), Global CO<sub>2</sub> emissions and unilateral action: policy implications of induced trade effects, *International Journal of Global Energy Issues*, 18-22.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## 2 Μεθοδολογική προσέγγιση και κριτική των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας

### 2.1 Εισαγωγή

Η θεωρία γενικής ισορροπίας έγινε ένα λειτουργικό εργαλείο στην εφαρμοσμένη οικονομική ανάλυση με την ανάπτυξη των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας, *Computable General Equilibrium Models* (CGE). Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας χρησιμοποιούνται ευρέως προκειμένου να αξιολογηθούν τα αναδιανεμητικά αποτελέσματα διαρθρωτικών πολιτικών. Αυτά τα υποδείγματα, επειδή είναι σε θέση να αποτυπώσουν τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ όλων των αγορών μιας οικονομίας, είναι ικανά να παρέχουν πληροφορίες σχετικές με τους θεμελιώδεις μηχανισμούς που καθορίζουν την κατανομή των πόρων και τη διανομή των εισοδημάτων.

Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να διευκρινίσει το πεδίο των εφαρμογών των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας και να αναλύσει τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες τέτοιου τύπου υποδειγμάτων. Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος της ενότητας αυτής δίνεται ο ορισμός και σύντομο ιστορικό των εφαρμοσμένων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας. Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των προτύπων CGE και αναλύονται τα συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προσέγγισης αυτής σε σχέση με άλλες μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Τα θέματα που καλύπτονται σε αυτό το μέρος αφορούν στις τεχνικές εκτίμησης παραμέτρων που υιοθετούνται στα πρότυπα CGE, την επιλογή συναρτησιακών σχέσεων και των κανόνων κλεισίματος (closure rules). Στο τρίτο μέρος γίνεται μια συγκριτική παρουσίαση των πιο σημαντικών υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας, τόσο από άποψη μεθοδολογικής προσέγγισης όσο και από άποψη εφαρμογών. Η παρουσίαση αυτή έχει ως στόχο αφενός να προσδιορίσει το status quo των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας και αφετέρου να αποτελέσει σημείο αφετηρίας για την παρουσίαση των πρωτότυπων επεκτάσεων που πραγματοποιήθηκαν στο υπόδειγμα GEM-E3 στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

## 2.2 Σύντομο ιστορικό των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας

Το υπόδειγμα γενικής ισορροπίας είναι προϊόν σχεδόν δύο αιώνων έρευνας. Από τον «Πλούτο των Εθνών» (Smith, 1776), ένα κύριο θέμα στην οικονομική ανάλυση είναι ο προσδιορισμός των μηχανισμών που συντονίζουν τις ενέργειες των οικονομικών φορέων ώστε να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Οικονομολόγοι όπως ο Ricardo, ο Mill, ο Marx και ο Jevons πλησίασαν την έννοια της γενικής ισορροπίας αναγνωρίζοντας την ύπαρξη τάσεων ισορροπίας στην οικονομία και τη σημασία της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αγορών. Εντούτοις, η έννοια της γενικής ισορροπίας δεν τυποποιήθηκε από μαθηματική άποψη μέχρι τη δημοσίευση του «Éléments d'économie politique pure» του Leon Walras το 1874. Οι Jevons, Menger και ιδιαίτερα ο Walras πρότειναν ότι οι ενέργειες των οικονομικών φορέων συντονίζονται από το σύστημα τιμών. Ειδικότερα, τόνισαν ότι όλοι οι φορείς αντιμετωπίζουν το ίδιο σύνολο τιμών που τους παρέχει κοινή ροή πληροφοριών που απαιτείται για να συντονίσει το σύστημα. Αυτό το σύνολο τιμών θα μεταβαλλόταν έως ότου η προσφορά και η ζήτηση ήταν ίσες ενώ δεν θα υπήρχε καμία μετακίνηση τιμών μόλις επιτυγχανόταν μία τέτοια κατάσταση. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, η εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης αναφέρθηκε ως ισορροπία σύμφωνα με την τυποποιημένη χρήση αυτού του όρου στη φυσική.

Το επίθετο «γενική» αναφέρεται στο επιχείρημα ότι κάποιος δεν μπορεί να μιλήσει για ισορροπία μόνο σε μία αγορά, δεδομένου ότι η προσφορά και η ζήτηση σε κάθε αγορά εξαρτώνται και από τις τιμές των προϊόντων σε όλες τις άλλες αγορές. Έτσι η γενική ισορροπία της οικονομίας δεν μπορεί να αποσυντεθεί σε χωριστές ισορροπίες για τα μεμονωμένα προϊόντα/αγορές (Arrow, 1974).

Η προσπάθεια του Leon Walras να αποδείξει ότι υπάρχει τουλάχιστον μια λύση στις εξισώσεις που χαρακτηρίζουν την ισορροπία των αγορών αποδείχθηκε ανεπαρκής. Ειδικότερα η απόδειξη ύπαρξης που πρότεινε περιορίστηκε στην μέτρηση εξισώσεων και μεταβλητών (εάν ο αριθμός εξισώσεων είναι ίσος με τον αριθμό μεταβλητών έχουμε λύση<sup>6</sup>).

---

<sup>6</sup> Αυτό είναι αλήθεια αν οι εξισώσεις είναι γραμμικές, ανεξάρτητες και μη περιορισμένες.

Η σύγχρονη εποχή στη θεωρία γενικής ισορροπίας αρχίζει στη Βιέννη στη δεκαετία του '30. Εκεί ο Karl Menger προήδρευσε του σεμιναρίου μαθηματικών όπου μεταξύ άλλων συμμετείχαν ο Wald, μαθηματικός, και ο Schlesinger, τραπεζίτης. Ο Schlesinger εισήγαγε τον Wald στο πρόβλημα της ύπαρξης της γενικής οικονομικής ισορροπίας. Ο Wald παρουσίασε τις μαθηματικές αποδείξεις της ύπαρξης σε ποικίλα υποδείγματα, κάθε ένα όμως αντιπροσώπευε μια ειδική περίπτωση του γενικού συστήματος ισορροπίας Wald (1934, 1936, 1951).

Η ερώτηση που τέθηκε στη Βιέννη σχετικά με την ύπαρξη της ισορροπίας, δεν απαντήθηκε έως το 1954. Σε αυτό το έτος οι δημοσιεύσεις των K. Arrow, G. Debreu και L. McKenzie που παρουσιάστηκαν στο συνέδριο «Econometric Society» πρότειναν ότι το θεώρημα σταθερού σημείου θα οδηγούσε στις γενικές αποδείξεις της ύπαρξης της ισορροπίας. Οι πιο πρόσφατες αποδείξεις προήλθαν από τους D. Gale (1955) και H. Nikaido (1956). Μεταγενέστερα ο X. Scarf (1967, 1973) θα χρησιμοποιούσε το θεώρημα σταθερού σημείου ως βάση των μεθόδων του για την εύρεση ισορροπίας μέσω των *simplicial subdivisions*, θέτοντας έτσι τα θεμέλια της εφαρμοσμένης γενικής ισορροπίας.

Η βάση στην οποία αναπτύχθηκαν τα υπολογιζόμενα υποδείγματα γενικής ισορροπίας ήταν το υπόδειγμα εισροών εκροών του Leontief (1930). Ο W. Leontief κατασκεύασε έναν λογιστικό πίνακα (παρόμοιο με αυτόν του Quesnay, 1758) όπου περιγράφονταν όλες οι διασυνδέσεις μεταξύ των παραγωγικών τομέων της οικονομίας των Η.Π.Α.. Το λογιστικό αυτό υπόδειγμα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά λίγο πριν το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου από το BLS (Bureau of Labour Statistics) των Η.Π.Α. προκειμένου να προβλεφθεί η ζήτηση ατσαλιού σε περίπτωση τερματισμού του πολέμου. Η πρόβλεψη του υποδείγματος, ότι η παραγωγή ατσαλιού θα παραμείνει σε υψηλά επίπεδα ακόμη και μετά τον πόλεμο, αποδείχθηκε σωστή επικυρώνοντας έτσι σε ένα βαθμό την ορθότητα των υποθέσεων του Leontief στην αναπαράσταση των διακλαδικών σχέσεων των επιχειρήσεων και των ροών του εισοδήματος μεταξύ των οικονομικών παραγόντων. Τόσο το γεγονός ότι στο υπόδειγμα του Leontief οι σχετικές τιμές των προϊόντων παρέμεναν σταθερές, η κλαδική συνάρτηση παραγωγής περιγραφόταν με σταθερούς συντελεστές<sup>7</sup>, όσο και ο

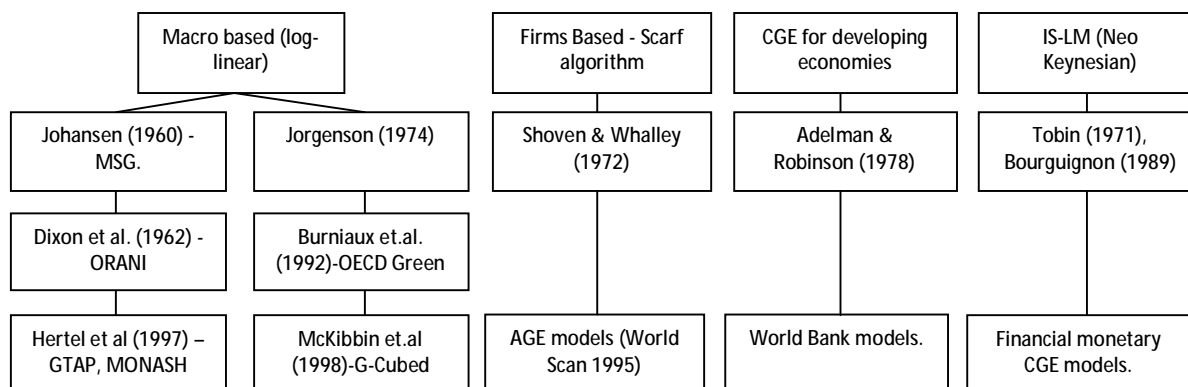
---

<sup>7</sup> Το θεώρημα μη υποκαταστασιμότητας του Samuelson (1947)



εξωγενής προσδιορισμός της συμπεριφοράς των βασικών οικονομικών παραγόντων (επιχειρήσεις, νοικοκυριά και κυβέρνηση) και της σχέσης τους με τον υπόλοιπο κόσμο δημιούργησε την ανάγκη για την κατασκευή νέων υποδειγμάτων που θα αναιρούσαν αυτές τις πολύ περιοριστικές υποθέσεις.

**Σχήμα 2-1: Η ανάπτυξη των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας**



Το υπόδειγμα που αποτέλεσε το σημείο εκκίνησης σημαντικού μέρους των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας αναπτύχθηκε από τον Johansen (1960) και αφορούσε στην "πολυκλαδική μελέτη της οικονομικής ανάπτυξης" της Νορβηγίας. Σκοπός του Johansen ήταν η μελέτη της μη ομοιόμορφης φύσης της αναπτυξιακής διαδικασίας της Νορβηγικής οικονομίας. Η προσέγγιση που ακολούθησε ήταν νέο-κλασική υπό την έννοια ότι το ΑΕΠ προσδιοριζόταν από την συμπεριφορά των συντελεστών παραγωγής (καθοδηγούμενο από την προσφορά). Το υπόδειγμα του ήταν στατικό και βασιζόταν στον πίνακα εισροών-εκροών της Νορβηγίας για το έτος 1950. Η προσφορά του κεφαλαίου της εργασίας όπως και η δημόσια κατανάλωση και οι επενδύσεις καθορίζονταν εξωγενώς στο υπόδειγμα. Οι επιχειρήσεις (20 κλάδοι) λειτουργούσαν υπό καθεστώς τέλει ανταγωνισμού, χρησιμοποιούσαν μια αθροιστική συνάρτηση παραγωγής τύπου Cobb-Douglas και η αντικειμενική τους συνάρτηση ήταν η μεγιστοποίηση του κέρδους. Ο Johansen μέσω ελαστικότητας υπέθετε ελεύθερη μετακίνηση εργαζομένων και κεφαλαίου μεταξύ των κλάδων της Νορβηγικής οικονομίας. Βασική υπόθεση του υποδείγματος ήταν ότι η οικονομία βρισκόταν σε κατάσταση μακροχρόνιας ισορροπίας (υπόθεση για πλήρη απασχόληση των παραγωγικών συντελεστών).

Το υπόδειγμα του Johansen εκ κατασκευής δεν μπορούσε να αναπαραστήσει την ενδογενή οικονομική μεγέθυνση. Υπήρχε η δυνατότητα αύξησης της ζήτησης (εξωγενώς) για το προϊόν ορισμένων κλάδων, και επομένως αύξησης του μεριδίου τους στην συνολική προστιθέμενη αξία αλλά αυτό συνέβαινε εις βάρος των υπολοίπων κλάδων (η μεγέθυνση επιτυγχάνονταν μέσω αλλαγής εξωγενών μεταβλητών). Για την επίλυση του υποδείγματος ο Johansen μετέφρασε το υπόδειγμα σε λογαριθμικές-γραμμικές εξισώσεις και έπειτα έλυσε το γραμμικό σύστημα εξισώσεων για μεταβολές των ενδογενών μεταβλητών που θεωρούνται συναρτήσεις των μεταβολών των εξωγενών μεταβλητών. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου επίλυσης έγκειται στην απλότητα της, το προσεγγιστικό σφάλμα που παρήγαγε όμως για μεγάλους ρυθμούς μεταβολής των εξωγενών μεταβλητών την καθιστούσε ανεπαρκή.

Έπειτα από την συνεισφορά του Johansen, το επίκεντρο της έρευνας αποτέλεσε η βελτίωση της θεωρητικής τεκμηρίωσης της ύπαρξης, μοναδικότητας και στασιμότητας της λύσης των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας (π.χ. Arrow & Hahn, 1971). Η σύνδεση του θεωρητικού πλαισίου της γενικής ισορροπίας με τα εφαρμοσμένα υποδείγματα έγινε από την ανάπτυξη του αλγόριθμου σταθερού σημείου του Scarf (1967a, 1967b και 1973). Οι μαθητές του Scarf, J. Shoven και J. Whalley χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο κατασκεύασαν, ανεξάρτητα από τον Johansen, και χρησιμοποίησαν εκτενώς υποδείγματα γενικής ισορροπίας για να μελετήσουν θέματα σχετικά με την αναπροσαρμογή των φόρων στην οικονομία των Η.Π.Α. (1972, 1973, 1974). Τα κύρια χαρακτηριστικά του υποδείγματος γενικής ισορροπίας των J. Shoven & J. Whalley ήταν: i) η ζήτηση των νοικοκυριών προέκυπτε ενδογενώς από την μεγιστοποίηση της χρησιμότητας τους (Cobb-Douglas) ii) υπήρχε διάκριση δύο εισοδηματικών κατηγοριών, iii) η συνάρτηση παραγωγής ήταν της μορφής σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης (C.E.S.) και iv) το υπόδειγμα ήταν εκφρασμένο σε επίπεδα και επιλυόταν με τον αλγόριθμο του Scarf.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και με χρηματοδότηση από το πρόγραμμα IMPACT κατασκευάστηκε στην Αυστραλία το υπόδειγμα ORANI<sup>8</sup> (1975). Το ORANI βασίστηκε στο υπόδειγμα του Johansen και είχε ως σκοπό την ανάλυση των επιπτώσεων διαρθρωτικών

---

<sup>8</sup> Dixon The ORANI structure.

πολιτικών στην οικονομία της Αυστραλίας. Οι βασικές επεκτάσεις του υποδείγματος σε σχέση με αυτό του Johansen αφορούσαν στην λεπτομερέστερη αναπαράσταση της οικονομίας (π.χ. 113 παραγωγικοί κλάδοι) και στην μοντελοποίηση του εξωτερικού τομέα μέσω της υπόθεσης Armington (1969). Σύμφωνα με την αυτή τα εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα θεωρούνται ατελώς υποκατάστατα με τα εισαγόμενα προϊόντα και αναμειγνύονται προκειμένου να σχηματίσουν ένα «σύνθετο» προϊόν το οποίο προορίζεται στην ενδιάμεση και τελική κατανάλωση.

Παράλληλα με την ανάπτυξη του υποδείγματος ORANI αναπτύχθηκαν για λογαριασμό της Παγκόσμιας Τράπεζας αρκετά υποδείγματα γενικής ισορροπίας με σημαντικότερο αυτό των Adelman & Robinson (1978). Τα υποδείγματα αυτά αφορούσαν αναπτυσσόμενες οικονομίες και ήταν προσανατολισμένα στην διερεύνηση ενός μεγάλου φάσματος θεμάτων σχετικών με τις επιπτώσεις εναλλακτικών στρατηγικών ανάπτυξης, πολιτικών που αφορούσαν στην διαχείριση εξαντλήσιμων πόρων, φορολογικών μεταρρυθμίσεων, πολιτικών εξωτερικού εμπορίου καθώς και πολιτικών αύξησης της απασχόλησης. Το υπόδειγμα των Adelman & Robinson, εμπνευσμένο από την εργασία του L. Johansen, είχε ως στόχο την ανάλυση της διανομής εισοδήματος στις αναπτυσσόμενες χώρες και η πρώτη του εφαρμογή αφορούσε την Κορέα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υποδείγματος, σε σχέση με τα υπόλοιπα υποδείγματα γενικής ισορροπίας, αφορούσαν στην αναπαράσταση διαφορετικών δεξιοτήτων των νοικοκυριών, διαφορετικών τύπων νοικοκυριών, πληθωρισμού και ατελειών στην αγορά προϊόντος και συντελεστών παραγωγής.

Κοινός παρανομαστής των υποδειγμάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο γινόταν η εκτίμηση των παραμέτρων των συναρτησιακών τους σχέσεων. Η βασική μεθοδολογική προσέγγιση αφορούσε στην προσαρμογή στο έτος βάσης (calibration). Αυτή γινόταν είτε με την προσαρμογή των δεδομένων στις συναρτησιακές σχέσεις του υποδείγματος [π.χ. κατά τους Harberger (1962), Shoven & Whalley (1972) οι μονάδες των εισροών κεφαλαίου και εργασίας ορίζονταν με τέτοιο τρόπο ώστε οι ρυθμοί αμοιβής αυτών των συντελεστών παραγωγής να εξισώνονται σε όλους τους κλάδους] είτε στην προσαρμογή των συναρτησιακών σχέσεων στα δεδομένα (π.χ. Johansen). Το υπόδειγμα που προσέφερε ένα τελείως διαφορετικό και πιο συνεπές τρόπο για την εκτίμηση των παραμέτρων ήταν αυτό των Hundson & Jorgenson (1974). Σε αντίθεση με τα έως τότε υποδείγματα οι Hundson & Jorgenson χρησιμοποίησαν χρονολογικές σειρές των

διακλαδικών σχέσεων των επιχειρήσεων προκειμένου να εκτιμήσουν τις παραμέτρους του υποδείγματος τους. Σκοπός του υποδείγματος ήταν η αξιολόγηση μίας δέσμης πολιτικών που αφορούσαν στην μακροχρόνια ενεργειακή πολιτική των Η.Π.Α. Το υπόδειγμα τους όμως δεν ήταν απολύτως συμβατό με τα τυπικά υποδείγματα γενικής ισορροπίας. Συγκεκριμένα η παραγωγή των επιχειρήσεων ήταν συνδεδεμένη με ένα μακρο-οικονομικό υπόδειγμα κατά τέτοιο τρόπο που δεν εξασφαλιζόταν ότι η συνολική ζήτηση για κεφαλαιουχικά αγαθά, όπως αυτή προέκυπτε από το μοντέλο παραγωγής, και για κάποιο διάνυσμα τιμών δεν θα υπερέβαινε την προσφορά κεφαλαιουχικών αγαθών όπως αυτή υπολογιζόταν στο μακρό-οικονομικό υπόδειγμα.

Έως την δημοσίευση των Bourguignon et al. (1989) όλα τα υποδείγματα αναφέρονταν αποκλειστικά στην πραγματική οικονομία δίχως να μπορούν να αναπαραστήσουν ρεαλιστικά πολιτικές σχετικές με την μεταβολή του χρήματος, του πραγματικού επιπέδου τιμών και των ονομαστικών συναλλαγματικών ισοτιμιών. Οι Bourguignon et al., σχεδίασαν ένα ολοκληρωμένο CGE-macro υπόδειγμα για τις αναπτυσσόμενες χώρες με σκοπό την ανάλυση των διανεμητικών επιπτώσεων διαφορετικών πολιτικών νομισματικής προσαρμογής. Η συνεισφορά τους αφορούσε στην χρήση του IS-LM υποδείγματος για το κλείσιμο του μακροοικονομικού σκέλους του υποδείγματος γενικής ισορροπίας. Συγκεκριμένα η εξασφάλιση ισορροπίας αποταμίευσης επένδυσης συνέβαινε από την προσαρμογή των νομισματικών στοιχείων του ενεργητικού των επιχειρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο το υπόδειγμα μπορούσε να μελετήσει, επιπλέον των καθιερωμένων διανεμητικών αποτελεσμάτων των τυπικών CGE υποδειγμάτων, τις επιπτώσεις από την μεταβολή της νομισματικής πολιτικής αλλά και τις διανεμητικές επιπτώσεις από την κινητικότητα του κεφαλαίου.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η έξαρση ανάπτυξης υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1970 και την δεκαετία του 1980 οφείλεται κυρίως σε τρεις λόγους: i) στη δυνατότητα αναπαράστασης μεγάλου αριθμού κλάδων παραγωγής ii) στην αύξηση του αριθμού των βάσεων δεδομένων και στατιστικών στοιχείων και iii) στο γεγονός ότι τα υποδείγματα αυτά μπορούσαν να μελετήσουν τις επιπτώσεις φαινομένων για τα οποία δεν υπήρχε προηγούμενη εμπειρία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ήταν η μεγάλη επιβράδυνση της οικονομίας λόγω της ραγδαίας αύξησης της τιμής του πετρελαίου. Τα οικονομετρικά υποδείγματα της εποχής είχαν εκτιμηθεί σε χρονολογικές

σειρές που δεν περιελάμβαναν απότομες μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου και επομένως σε αυτά ο συντελεστής της τιμής του πετρελαίου είχε πολύ χαμηλή ερμηνευτική αξία. Έτσι, οι προβλέψεις των υποδειγμάτων αυτών υποτιμούσαν την επίπτωση από την αύξηση της τιμής του πετρελαίου στην πραγματική οικονομία. Αντίθετα τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας θεμελιωμένα στην μικροοικονομική θεωρία και αναπαριστώντας λεπτομερώς τις διακλαδικές συνδέσεις των επιχειρήσεων αποτέλεσαν χρήσιμα εργαλεία στην αποτίμηση των αναδιανεμητικών εισοδηματικών αποτελεσμάτων που προέκυπταν από την ενεργειακή κρίση.

Σήμερα, τα υπολογιζόμενα υποδείγματα γενικής ισορροπίας χρησιμοποιούνται ευρέως στην υποστήριξη των πολιτικών αποφάσεων. Το πεδίο εφαρμογής των CGE υποδειγμάτων είναι ευρύ και συμπεριλαμβάνει την οικονομική των πόρων (resource economics) (Devarajan, Luis και Robinson, 1986), διεθνές εμπόριο (de Melo, 1988), δημοσιονομική πολιτική (Pereira και Shoven, 1988), ενέργεια (Bhattacharaya, 1996), απασχόληση (Francois και Nelson, 1998) και κλιματική αλλαγή (Carpas, 1997 και Conrad 1999, 2001).

Οι πιο σημαντικές βιβλιογραφικές επισκοπήσεις για την χρήση των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας περιγράφονται παρακάτω: Οι *Shoven* και *Whalley* (1984) έστρεψαν την προσοχή τους στη φορολογία και το εμπόριο ενώ οι *Pereira* και *Shoven* (1988) μελέτησαν δυναμικά υποδείγματα γενικής ισορροπίας που αφορούσαν δημοσιονομικά ζητήματα. Ο *de Melo* (1988) ερεύνησε τη συμβολή των υποδειγμάτων CGE σε διάφορα σενάρια εμπορικής πολιτικής των αναπτυσσόμενων χωρών. Οι *Decaluwe* και *Martens* (1988) παρουσίασαν μια περιεκτική έρευνα για τα υποδείγματα CGE. Συγκεκριμένα μελέτησαν, ανά χώρα, τη συγκεκριμένη οικονομική δομή της παραγωγής, της ιδιωτικής κατανάλωσης, των εμπορικών δασμών καθώς και διαφορετικών κανόνων κλεισίματος (closure rules) των υποδειγμάτων. Ο *Devarajan* (1988) ερεύνησε τα ενεργειακά υποδείγματα CGE και τις εφαρμογές τους. Ο *Bandara* (1991) ερεύνησε μελέτες CGE για πολιτικές οικονομικής ανάπτυξης στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Ο *Robinson* (1991) ερεύνησε "micro-macro" CGE υποδείγματα που ενσωματώνουν τις αγορές χρήματος, προϊόντων και συντελεστών παραγωγής. Ο *Kraybill* (1993) συνέκρινε τα CGE υποδείγματα με αυτά των εισροών εκροών. Οι *Bhattacharyya* (1996) και *Bergman* (2005) μελέτησαν υποδείγματα γενικής ισορροπίας κατασκευασμένα για να εξετάσουν ενεργειακά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι *Partridge* και *Rickman* (1998) εξέτασαν ζητήματα

περιφερειακής πολιτικής. Άλλες μελέτες πάνω στην βιβλιογραφία των υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας έχουν γίνει από τους Dixon και *Parmenter* (1996), *Ginsburg* και *Keyzer* (1997), *Weyant* (1999) και *Conrad* (1999). Η τελευταία ενότητα του κεφαλαίου αυτού αναφέρεται στις πιο πρόσφατες εξελίξεις στον κλάδο της εφαρμοσμένης γενικής ισορροπίας και παρουσιάζει τα πιο σημαντικά (από άποψη θεωρητικής τεκμηρίωσης και αποτελεσμάτων) υποδείγματα γενικής ισορροπίας.

Η θεωρία της γενικής οικονομικής ισορροπίας αποτελεί μια ιδιαίτερα ενεργή και παραγωγική ειδικότητα της οικονομικής θεωρίας μέχρι σήμερα. Η έρευνα κατευθύνεται κυρίως σε τομείς όπως η ενσωμάτωση δυναμικών (*intertemporal*) στοιχείων, η ενδογενής τεχνολογική αλλαγή, ο ατελής ανταγωνισμός και η κατανομή κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας.

### **2.3 Μεθοδολογική προσέγγιση υπολογιζόμενων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας**

Η κεντρική ιδέα των εφαρμοσμένων υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας αφορά στην "μετατροπή της γενικής *Walrasian* δομής ισορροπίας από μια αφηρημένη αναπαράσταση της οικονομίας σε ρεαλιστικά υποδείγματα πραγματικών οικονομιών" *Shoven* και *Whalley* (1992). Τα υποδείγματα CGE είναι φυσικές προεκτάσεις των παλαιότερων υποδειγμάτων εισροών-εκροών (IO), τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για δεκαετίες για να αποτιμήσουν τα αποτελέσματα διαφόρων πολιτικών. Μεταξύ άλλων τα υποδείγματα CGE επεκτείνουν τα υποδείγματα εισροών εκροών ούτως ώστε να λάβουν υπόψη i) τις δυνατότητες υποκατάστασης μεταξύ εργασίας και κεφαλαίου, ii) επιλογές τεχνολογίας και iii) την κυκλική ροή του εισοδήματος μεταξύ νοικοκυριών και επιχειρήσεων. Όπως περιγράφεται στον *Devarajan* (2002) ένα υπόδειγμα που χρησιμοποιείται για ανάλυση πολιτικής πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Συνάφεια με την φύση των ερωτημάτων που καλείται να απαντήσει το υπόδειγμα,
- Διαφάνεια,
- Ενσωμάτωση πρόσφατων δεδομένων ώστε να χρησιμοποιηθεί το υπόδειγμα σε τρέχοντα πολιτικά ζητήματα,

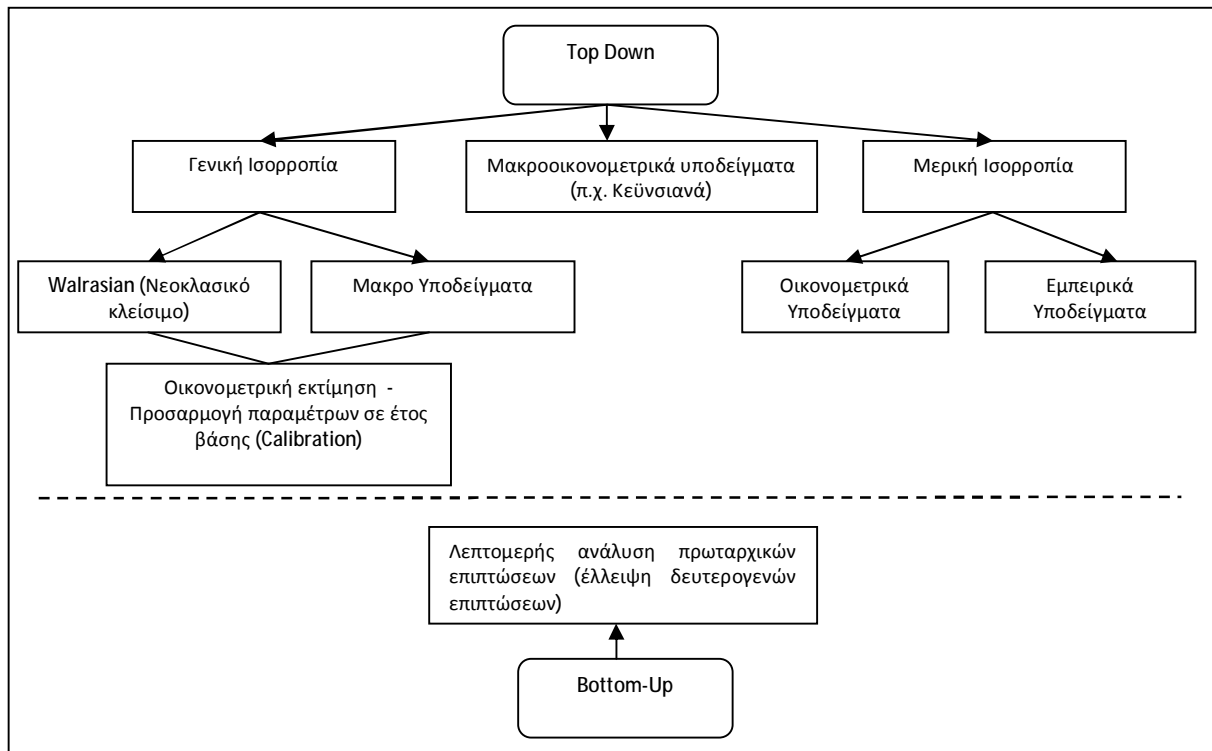
- Εγκυρότητα (ο προσδιορισμός και η εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος).

Τα παραπάνω είναι κυρίως χαρακτηριστικά (αλλά όχι μόνο) των δομικών υποδειγμάτων. Παραδείγματος χάριν η διαφάνεια, που είναι η σαφής σύνδεση μεταξύ μιας πολιτικής μεταβλητής και της οικονομικής έκβασης, αποτελεί χαρακτηριστικό δομικού υποδείγματος όπου οι ενέργειες των οικονομικών παραγόντων είναι πλήρως σύμφωνες με την οικονομική θεωρία άρα εύκολα ερμηνεύσιμες. Τα φορμαλιστικά υποδείγματα δεν μπορούν εύκολα να προσδιορίσουν τις δομικές σχέσεις της οικονομίας και ως εκ τούτου αδυνατούν να επισημάνουν τις συνδέσεις μεταξύ των πολιτικών μεταβλητών και αποτελεσμάτων.

Η εγκυρότητα είναι επίσης κύριο χαρακτηριστικό ενός δομικού υποδείγματος. Για παράδειγμα η περιοχή εφαρμογής ενός φορμαλιστικού οικονομετρικού υποδείγματος περιορίζεται πάντα από την χρονολογική σειρά των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμήσουν το υπόδειγμα. Η περιοχή εφαρμογής ενός δομικού υποδείγματος εξαρτάται τόσο από τη δυνατότητα εφαρμογής των δομικών σχέσεων όσο και από τη σταθερότητα των παραμέτρων του στην περίοδο της ανάλυσης.

Οι κρίσεις πετρελαίου της δεκαετίας του '70 παρέχουν ένα καλό παράδειγμα. Τα μακρο-οικονομετρικά υποδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν εκείνη την εποχή απέτυχαν να συλλάβουν τις επιδράσεις των μεγάλων αλλαγών στις τιμές του πετρελαίου επειδή υπολογίστηκαν στις προηγούμενες περιόδους, όπου οι τιμές του πετρελαίου ήταν σχετικά σταθερές. Κατά συνέπεια, ενώ αυτά τα υποδείγματα περιελάμβαναν τις τιμές του πετρελαίου, η περιοχή εφαρμογής τους ήταν πάρα πολύ περιορισμένη για να συλλάβει τον αντίκτυπο των μεγάλων αλλαγών στη διεθνή τιμή του πετρελαίου. Προκειμένου να ξεπεραστούν οι αδυναμίες αυτού του είδους αναπτύχθηκαν νέα δομικά υποδείγματα τα οποία ενσωμάτωναν ρητά τις συνδέσεις μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και της υπόλοιπης οικονομίας.

Σχήμα 2-2: Μεθοδολογικές θεωρήσεις ανάπτυξης οικονομικών υποδειγμάτων.



Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα που κατέστησε τα υπολογιζόμενα υποδείγματα γενικής ισορροπίας ένα τόσο πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη της αναδιανομής του εισοδήματος και την ανάλυση των αναδιαρθρωτικών αποτελεσμάτων εναλλακτικών πολιτικών μέτρων είναι η δυνατότητά τους να ανιχνεύουν τις συνέπειες μιας "αναταραχής" που προκαλείται σε έναν συγκεκριμένο τομέα, σε όλη την οικονομία. Αυτό αποτελεί τη θεμελιώδη διαφορά μεταξύ της ανάλυσης γενικής και μερικής ισορροπίας. Στην ανάλυση μερικής ισορροπίας η μελέτη εστιάζει σε μια απομονωμένη αγορά και θεωρεί τις τιμές και τις ποσότητες των προϊόντων που παράγονται σε άλλες αγορές εξωγενώς (A. Marshall). Αυτή η προσέγγιση αγνοεί τις επιπτώσεις της αλλαγής της τιμής των προϊόντων των άλλων αγορών συμπεριλαμβανομένων και των τιμών των συντελεστών παραγωγής στις αγορές αυτές. Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας εξετάζοντας όλες τις αγορές ταυτόχρονα είναι ικανά να μελετήσουν το συνολικό αποτέλεσμα στην οικονομία που προκαλείται από μία



αλλαγή σε ένα συγκεκριμένο κλάδο. Ένα άλλο πλεονέκτημα των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας είναι το γεγονός ότι ενσωματώνουν μικροοικονομικούς μηχανισμούς και θεσμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα μέσα σε ένα συνεπές μακροοικονομικό πλαίσιο και αποφεύγουν την αντιπροσώπευση της φορμαλιστικής συμπεριφοράς. Χρησιμοποιώντας λοιπόν ένα υπόδειγμα γενικής ισορροπίας για ανάλυση πολιτικής όλες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αγορών μιας οικονομίας περιγράφονται κατά τρόπο συνεπή.

Αναμφισβήτητα τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας έχουν μειονεκτήματα. Η σημαντικότερη κριτική των υποδειγμάτων CGE παρουσιάζεται εν συντομία παρακάτω και συζητείται αναλυτικά στις επόμενες υποενότητες.

- *Αδύναμη οικονομετρική εκτίμηση.* Στα περισσότερα υποδείγματα υπάρχουν ουσιαστικά εκατοντάδες ελαστικότητες υποκατάστασης και ζήτησης και η δυνατότητα να υπολογιστούν είναι συνήθως περιορισμένη λόγω έλλειψης παρατηρήσεων. Πολλές από τις παραμέτρους στα υποδείγματα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του έτους αναφοράς ενώ τα στοιχεία για τις ελαστικότητες προέρχονται από τη σχετική βιβλιογραφία.
- *Κρίσιμος ρόλος των συναρτησιακών σχέσεων.* Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας χρησιμοποιούν αθροιστικές συναρτήσεις προκειμένου να περιγράψουν την διαδικασία παραγωγής και λήψης καταναλωτικών αποφάσεων. Οι συγκεκριμένες συναρτησιακές μορφές που επιλέγονται κάθε φορά επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα ποιοτικά αποτελέσματα του υποδείγματος.
- *Απλοποίηση αναπαράστασης αγορών και κανόνες κλεισίματος (closure rules).* Τα υποδείγματα CGE αφορούν το σύνολο της οικονομίας και περιλαμβάνουν το σύνολο των οικονομικών συναλλαγών. Παρά τη σημαντική δομική λεπτομέρειά τους, είναι αδύνατον να περιγράψουν αναλυτικά όλες τις αγορές στις οποίες αναφέρονται. Συνήθως, ο σχεδιασμός και η αναπαράσταση κάθε αγοράς εξαρτάται από την φύση του ερωτήματος το οποίο καλούνται να αναλύσουν. Επιπρόσθετα εξαιτίας του νόμου του Walras (αν η υπερβάλλουσα προσφορά σε  $n-1$  αγορές είναι 0 τότε θα είναι μηδέν και στην  $n$ -οστή) η μεταβλητή που αφορά μια συγκεκριμένη αγορά μπορεί να προσδιοριστεί εξωγενώς.

### 2.3.1 Παραμετρική εκτίμηση και προσαρμογή στο έτος βάσης.

Το πρόβλημα του υπολογισμού των παραμέτρων ενός υποδείγματος δεν αφορά μόνο στα υποδείγματα CGE αλλά ισχύει για όλους τους τύπους υποδειγμάτων. Η τυποποιημένη μορφή του προβλήματος διατυπώνεται ως εξής:

Λαμβάνοντας υπόψη ένα σύστημα  $n$  εξισώσεων  $F(y, X, b, e) = 0$  όπου το  $y$  είναι ένα διάνυσμα των ενδογενών μεταβλητών  $n$ , το  $X$  είναι ένα διάνυσμα των εξωγενών μεταβλητών, το  $b$  είναι ένα διάνυσμα των άγνωστων παραμέτρων και το  $e$  είναι ένα διάνυσμα των μη στοχαστικών καταλοίπων μιας γνωστής ή άγνωστης κατανομής πώς το διάνυσμα  $b$  πρέπει να καθοριστεί αριθμητικά ούτως ώστε το  $e$  να λάβει την μικρότερη δυνατή τιμή. Η βιβλιογραφία δίνει τρεις διαφορετικές απαντήσεις σε αυτήν την ερώτηση:

- Οικονομετρική εκτίμηση [Jorgenson (1974, 1982)]
- Προσαρμογή στο έτος βάσης - Καλειδοσκόπηση (**Calibration**), (Mansur και Whalley, 1984)
- Εφαρμογή μεθόδων εντροπίας [Robinson et al. (1998)]

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως είναι αυτή της προσαρμογής στο έτος βάσης - *calibration*. Αυτή η μέθοδος συνίσταται σε ρύθμιση όλων των συστατικών του  $e$  ίσων με μηδέν και επίλυση για το διάνυσμα  $b$  βάσει μιας μοναδικής παρατήρησης των  $Y$  και  $X$ . Εντούτοις, στο βαθμό που το  $b$  έχει περισσότερα από  $n$  στοιχεία (δηλ.  $m-n$ ), απαιτούνται παραπάνω πληροφορίες προκειμένου να καθοριστεί το πλήθος των  $m - n$  άγνωστων παραμέτρων. Κατά συνέπεια, η μέθοδος της προσαρμογής στο έτος βάσης υιοθετεί την ισχυρή υπόθεση ότι οι παρατηρηθείσες τιμές των ενδογενών μεταβλητών καθορίζονται μόνο από τους παράγοντες που περιλαμβάνονται ρητά στο υπόδειγμα. Μια κοινή πρακτική στη μέθοδο αυτή είναι να καθοριστούν μερικές παράμετροι βάσει έρευνας της σχετικής βιβλιογραφίας, έτσι ενώ μερικές παράμετροι επιλέγονται αυθαίρετα οι υπόλοιπες παίρνουν τέτοιες τιμές ώστε το υπόδειγμα να αναπαραγάγει τα στοιχεία του έτους βάσης.

Οι κύριοι επικριτές της προσέγγισης αυτής είναι οι Jorgensen (1984, 1992), Lau (1984), Diewert και Lawrence (1994) και McKittrick (1998). Η κριτική τους συνοψίζεται στα εξής:

Οι ερευνητές χρησιμοποιούν συχνά ελαστικότητες που υπολογίζονται για ταξινομήσεις προϊόντων, οι οποίες δεν είναι πλήρως σύμφωνες με εκείνες που διατηρούνται στο υπόδειγμα, ή για χώρες που δεν αντιπροσωπεύονται στο υπόδειγμα.

Η μέθοδος της προσαρμογής σε έτος βάσης (calibration) αναγκάζει την ποιότητα του υποδείγματος να εξαρτάται, τουλάχιστον εν μέρει, από την ποιότητα των δεδομένων ενός αυθαίρετα επιλεγμένου έτους βάσης. Ο Jorgenson (1984) υποστηρίζει ότι: «η επιλογή ενός ενιαίου έτους αναφοράς σημαίνει ότι οποιεσδήποτε στοχαστικές ανωμαλίες είναι παρούσες στις παρατηρήσεις για εκείνη την περίοδο θα επιδρούν αναπόφευκτα στην δομή του υποδείγματος. Οι παράμετροι που προέρχονται από βιβλιογραφικές πηγές μπορούν να είναι ξεπερασμένες, ή να αναφέρονται σε διαφορετικές βιομηχανίες, προϊόντα και γεωγραφικές περιοχές από εκείνες που καθορίζονται στο υπόδειγμα».

Προκειμένου να κρατηθεί ο αριθμός παραμέτρων, που πρόκειται να «εκτιμηθούν», αρκετά χαμηλός, η αναπαράσταση των προτιμήσεων και της τεχνολογίας πρέπει σε μεγάλο βαθμό να βασίζεται σε CES ή συναρτήσεις Cobb-Douglas, δηλ. συναρτησιακές μορφές με μικρό αριθμό παραμέτρων. Αυτό υπονοεί ότι πολύ περιοριστικές υποθέσεις για τις προτιμήσεις και την τεχνολογία πρέπει να γίνουν αποδεκτές.

Παρά τα μειονεκτήματα η μέθοδος της προσαρμογής στο έτος βάσης είναι η επικρατέστερη. Ο λόγος για αυτό έχει να κάνει με ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό αυτής της τεχνικής: η επάρκεια λίγων δεδομένων. Πράγματι υπάρχουν πολύ λίγες χώρες στον κόσμο που μπορούν να παρέχουν πίνακες κοινωνικής λογιστικής<sup>9</sup> για μια μακριά σειρά ετών. Κατά συνέπεια, όταν πρόκειται για την κατασκευή κάποιου υποδείγματος γενικής ισορροπίας που περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό χωρών / περιοχών η υιοθέτηση της τεχνικής αυτής είναι η μόνη λύση.

Όσον αφορά τις περιοριστικές υποθέσεις που επιβάλλονται στις προτιμήσεις των καταναλωτών και παραγωγών από την επιλογή των σχετικά απλών συναρτήσεων παραγωγής και κατανάλωσης θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι εάν κάποιος έκανε ανάλυση ευαισθησίας στο υπόδειγμα σχετικά με τις τιμές των ανεξάρτητων άγνωστων παραμέτρων θα μπορούσε ευκολότερα να ερμηνεύσει και να κατανοήσει τα αποτελέσματα

---

<sup>9</sup> Τετραγωνικοί πίνακες που περιγράφουν όλες τις οικονομικές συναλλαγές ενός οικονομικού συστήματος για μια δεδομένη χρονική στιγμή (στο κεφάλαιο 4 της διατριβής δίνεται αναλυτική περιγραφή των πινάκων αυτών).

λόγω ακριβώς του μικρού αριθμού των παραμέτρων αλλά και των απλών συναρτησιακών σχέσεων που χρησιμοποιούνται.

Ο προφανής τρόπος για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί και να αυξηθεί έτσι η εμπειρική συνάφεια των υποδειγμάτων CGE είναι ο οικονομετρικός τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων. Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες που συνδέονται με μια τέτοια προσέγγιση. Ειδικότερα, οι διαστάσεις των εφαρμοσμένων υποδειγμάτων προκαλούν σοβαρά προβλήματα *βαθμών ελευθερίας*, ειδικά εάν οι περιοριστικές υποθέσεις για τη δομή των προτιμήσεων και των τεχνολογιών πρόκειται να αποφευχθούν. Επιπλέον, η ταυτόχρονη εκτίμηση ενός υποδείγματος γενικής ισορροπίας απαιτεί αρκετά περίπλοκες οικονομετρικές τεχνικές [Lau, (1984) και Whalley και Mansur, (1984)].

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων είναι η χρήση της μεθόδου διασταυρούμενης εντροπίας. Η μέθοδος αυτή αποτελεί προέκταση της μεθόδου άμεσης προσαρμογής στο έτος βάσης υπό την έννοια ότι μπορεί να εκμεταλλευτεί στατιστικές που προέρχονται από διαφορετικές πηγές και έτη. Η θεωρία αυτής της τεχνικής εκτίμησης, περιγράφεται στους S. Robinson et al. (2001).

### 2.3.2 Η επιλογή των συναρτησιακών σχέσεων στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας

Η επιλογή της συναρτησιακής σχέσης που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα εφαρμοσμένο υπόδειγμα περιορίζεται από τους στόχους της έρευνας, τα διαθέσιμα δεδομένα και το θεωρητικό πλαίσιο του υποδείγματος. Κατόπιν τρία κριτήρια εφαρμόζονται συνήθως:

1. Μικρός αριθμός παραμέτρων στις εξισώσεις (η συνάρτηση δεν πρέπει να περιέχει άλλες παραμέτρους εκτός από τις απαραίτητες),
2. Ευκολία στην ερμηνεία (οι σύνθετες συναρτησιακές σχέσεις συνήθως δεν έχουν διαισθητική οικονομική ερμηνεία)
3. Υπολογιστική ευκολία.

Στην περίπτωση των υποδειγμάτων CGE οι συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι αυτές της σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης (C.E.S.). Η C.E.S αποτελεί μια γενικευμένη έκφραση της συνάρτησης Cobb-Douglas (ειδική περίπτωση όπου η ελαστικότητα υποκατάστασης ισούται με την μονάδα) και της συνάρτησης σταθερών συντελεστών Leontief (ειδική περίπτωση όπου η ελαστικότητα υποκατάστασης τείνει στο

μηδέν). Οι ιδιότητες της C.E.S. είναι σύμφωνες με τις πρότυπες απαιτήσεις της γενικής ισορροπίας. Ειδικότερα, αυτή η συνάρτηση ορίζεται για θετικά επίπεδα εισροών, είναι συνεχής, παραγωγίσιμη, μονοτονική (μια αύξηση στις εισροές δεν μπορεί να μειώσει την παραγωγή), αυστηρά κοίλη και ομογενής βαθμού 1 (σταθερές αποδόσεις κλίμακας). Επιπλέον είναι κατάλληλη για την εφαρμογή του θεωρήματος Euler και έχει το μέσο και οριακό προϊόν ομογενές βαθμού 0. Οι περισσότερες από τις παραλλαγές της συνάρτησης C.E.S. μπορούν να θεωρηθούν ως αποτέλεσμα της προσπάθειας να ξεπεραστεί η υπόθεση που περιλαμβάνεται στην πολυπαραγοντική διατύπωση της C.E.S., δηλαδή, ισότητα όλων των μερικών Allen-Uzava ελαστικότητων Uzawa (1962), MC Fadden (1963). Μια επέκταση που χαλαρώνει αυτόν τον περιορισμό είναι η ιεραρχικά δομημένη συνάρτηση CES Sato (1967). Το βασικό μειονέκτημα των αθροιστικών πολυμεταβλητών συναρτήσεων είναι ότι δεν αντιπροσωπεύουν τις τεχνολογικές συνθήκες που αντιμετωπίζει η επιχείρηση σύμφωνα με τον όρο «συνάρτηση παραγωγής» αλλά αποτελούν ένα θεωρητικό σχήμα που τις προσεγγίζει.

### 2.3.3 Επιλογή του κανόνα κλεισίματος

Σύμφωνα με τον νόμο του Walras εάν  $n-1$  αγορές είναι σε ισορροπία τότε έπεται ότι και η  $n$  αγορά θα είναι σε ισορροπία. Σε μικροοικονομικό επίπεδο αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης ενός υποδείγματος CGE πρέπει να αποφασιστεί ποιές αγορές (μεταβλητές) θα είναι ενδογενείς και ποιές εξωγενής. Το κλείσιμο του υποδείγματος σε μακροοικονομικό επίπεδο συνίσταται στην υπόθεση για τον μηχανισμό επίτευξης μακροοικονομικής ισορροπίας έπειτα από μια διατάραξη του οικονομικού συστήματος. Ο κανόνας κλεισίματος (closure rule) επομένως εξαρτάται τόσο από το πεδίο εφαρμογής του (μικρο-κλείσιμο) όσο και από την υπόθεση μακροοικονομικής προσαρμογής του. Οι Adelman και Robinson (1989) αναφέρουν τρεις κατηγορίες μακροοικονομικής εξισορρόπησης: i) ισορροπία στον δημόσιο τομέα, ii) ισορροπία στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών και iii) ισορροπία αποταμίευσης-επενδύσεων. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή κλεισίματος δεν επηρεάζει την λύση του σεναρίου αναφοράς αλλά έχει άμεση επίπτωση στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων πολιτικής.

#### 2.3.3.1 Ισορροπία του δημόσιου τομέα

Η επιλογή κλεισίματος στον δημόσιο τομέα αφορά στον τρόπο προσαρμογής των δημοσιονομικών στοιχείων του υποδείγματος. Μία επιλογή είναι το δημόσιο

έλλειμμα/πλεόνασμα να παραμένει σταθερό και κάποια όργανα δημοσιονομικής πολιτικής (π.χ. άμεσοι ή έμμεσοι φόροι) να είναι ενδογενείς. Εναλλακτικά, το δημόσιο έλλειμμα/πλεόνασμα μπορεί να μεταβάλλεται με σταθερά δημοσιονομικά εργαλεία. Η πρώτη επιλογή κλεισίματος έχει άμεση επίπτωση στην ιδιωτική κατανάλωση ενώ η δεύτερη επιλογή αφορά άμεσα στην αποταμίευση/επένδυση και επομένως στη συσσώρευση κεφαλαίου.

### 2.3.3.2 Ισορροπία του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών

Η αποταμίευση του εξωτερικού τομέα προσδιορίζεται εξωγενώς και επιτρέπεται η μεταβολή στις συναλλαγματικές ισοτιμίες ή αντίστροφα η συναλλαγματική ισοτιμία διατηρείται σταθερή και μεταβάλλονται οι αποταμιεύσεις του εξωτερικού τομέα.

### 2.3.3.3 Ισορροπία αποταμίευσης επενδύσεων

Ο Sen (1963) έδειξε ότι η ισοδυναμία αποταμίευσης επενδύσεων πλεονάζει σε ένα οικονομικό σύστημα όπου ισχύουν τα εξής: i) πλήρης απασχόληση των συντελεστών παραγωγής, ii) η αμοιβή των συντελεστών παραγωγής είναι ίση με την οριακή τους παραγωγικότητα, iii) η απόφαση για επενδύσεις είναι εξωγενής και iv) η κατανάλωση των νοικοκυριών είναι συνάρτηση του πραγματικού εισοδήματος. Προκειμένου να επιτευχθεί ισορροπία αποταμίευσης επένδυσης μία από αυτές τις συνθήκες δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται ρητά στο υπόδειγμα.

Για να περιγράψουμε καλύτερα τους διάφορους κανόνες κλεισίματος θα ξεκινήσουμε από το υπόδειγμα του Sen (1963) όπως αυτό αναφέρεται στον Thissen (1998). Υποθέτουμε μια οικονομία όπου  $X_s$ , είναι το προϊόν που προκύπτει από μία νεοκλασική συνάρτηση παραγωγής με συντελεστές παραγωγής το κεφάλαιο και την εργασία:

$$X_s = f_p(K, L) \quad [1]$$

Οι αμοιβές των συντελεστών παραγωγής  $w, r$  ισούνται με την οριακή τους παραγωγικότητα:

$$w = \frac{\partial X_s}{\partial L} \quad [2]$$

Η συνολική κατανάλωση ισούται με το συνολικό παραγόμενο προϊόν:

$$X_s = \pi + w \cdot L \quad \text{ή} \quad \pi = \frac{\partial X_s}{\partial K} \cdot K. \quad [3]$$

Η αποταμίευση στην οικονομία προκύπτει από σταθερά μερίδια αποταμίευσης

$$S = s_p \cdot \pi + s_p \cdot w \cdot L \quad [4]$$

Η επένδυση καθορίζεται

$$I^* = \bar{I} \quad [5]$$

και

$$S = I. \quad [6]$$

Οι μεταβλητές του υποδείγματος είναι οι  $w, \pi, X, I, S$  ενώ ο αριθμός των εξισώσεων έξι, έτσι προκειμένου να κλείσουμε το υπόδειγμα θα πρέπει είτε να προσθέσουμε μία μεταβλητή είτε να αφαιρέσουμε μία εξίσωση.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος κλεισίματος είναι ο νεοκλασικός όπου απορρίπτεται η εξίσωση [5] και γίνεται η υπόθεση ότι υπάρχει ένας μηχανισμός (π.χ. το επιτόκιο) ο οποίος ρυθμίζει έτσι τις επενδύσεις ούτως ώστε η [6] να ισχύει.

Ο Κεϋνσιανός τρόπος κλεισίματος αφορά στην εισαγωγή κατώτατων μισθών [απόρριψη της (2)] οι οποίοι οδηγούν σε ανεργία. Το ύψος της ανεργίας μεταβάλλεται επηρεάζοντας έτσι την αποταμίευση και την επένδυση.

Ο Νεο-Κεϋνσιανός τρόπος κλεισίματος αφορά επίσης στην απόρριψη της [2] (υποθέτουμε ένα σταθερό ονομαστικό μισθό). Αυτή τη φορά η ικανοποίηση της [6] επιτυγχάνεται μέσω της μεταβολής του γενικού επιπέδου τιμών [η [4] γίνεται  $S = s_p \cdot \pi + s_p \cdot \frac{w}{p} \cdot L$ ].

Ο κανόνας κλεισίματος του Johansen αφορά στην απόρριψη της [4] και στην εισαγωγή ενδογενών φόρων και επιδοτήσεων (η συμπεριφορά του κράτους καθορίζει την ισοδυναμία αποταμιεύσεων επενδύσεων).

Ο κανόνας κλεισίματος του Ρίγου αφορά στην εισαγωγή της έννοιας του χρήματος στο υπόδειγμα. Η [4] αντικαθίσταται με  $S = f s_p \cdot \left(\frac{M}{P}\right) \pi + f s_w \cdot \left(\frac{M}{P}\right) \cdot w \cdot L$  όπου  $f s_p, f s_w$  οι συναρτήσεις αποταμίευσης και  $\frac{M}{P}$  ο πλούτος [σύμφωνα με τον Ρίγου (1946) ως πλούτος ορίζεται το άθροισμα της προσφοράς χρήματος και των δημόσιων ομολογιών διαιρεμένα με το επίπεδο τιμών]. Στο υπόδειγμα αυτό η υπερβάλλουσα ζήτηση οδηγεί σε άνοδο των

τιμών  $P$  η οποία οδηγεί σε μείωση του σχετικού πλούτου. Έτσι οι καταναλωτές αναγκάζονται να μειώσουν την κατανάλωση τους και να αυξήσουν τις αποταμιεύσεις τους προκειμένου να αντισταθμίσουν την απώλεια πλούτου.

Στην εφαρμοσμένη ανάλυση το ζήτημα του κανόνα κλεισίματος αντιμετωπίζεται συχνά ως μειονέκτημα των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας, καθώς τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την επιλογή του.

## 2.4 Σημαντικές επεκτάσεις στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας

Η παρουσίαση των σημαντικότερων επεκτάσεων και των τομέων στους οποίους παρουσιάζεται το μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας θα γίνει υπό την μορφή ανάπτυξης ενός στοιχειώδους υποδείγματος γενικής ισορροπίας. Ως σημείο αφετηρίας θα οριστεί το γενικό πρότυπο ισορροπίας των Arrow και Debreu όπως διαμορφώνεται στους Arrow και Hahn (1971) και η περιγραφή όλων των επεκτάσεων θα γίνει στο πλαίσιο αυτό.

### 2.4.1 Το τυπικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας

Έστω μία οικονομία όπου ένας διακριτός αριθμός  $l$  αγαθών  $1, \dots, l$  ανταλλάσσονται, παράγονται και καταναλώνονται. Οι τιμές αυτών των αγαθών δίνονται από το  $l$  – διάστατο διάνυσμα  $p_i = (p_1, \dots, p_l)$ . Στην οικονομία αυτή δεν υπάρχει η έννοια του χρήματος και η τιμή του κάθε αγαθού είναι εκφρασμένη σχετικά με τις τιμές των άλλων αγαθών. Ένας βολικός μετασχηματισμός του διανύσματος τιμών είναι το σύνολο γνωστό ως *unit simplex*<sup>10</sup>. Εξ ορισμού το *unit simplex* συνεπάγεται ότι  $p_i \geq 0$  (αυστηρή ισότητα ισχύει μόνο για τα ελεύθερα αγαθά<sup>11</sup>).

Σε αυτή την οικονομία κάθε οικονομικός φορέας  $c = (F: \text{Επιχείρηση}, H: \text{Νοικοκυριό})$  έχει κληροδοτηθεί με  $W_i^c$  περιουσιακά στοιχεία ( $W_i^c \geq 0$  και  $\sum_i^l W_i^c > 0$ ). Η ζήτηση των νοικοκυριών για προϊόντα  $X_i^H$  προκύπτει από την αριστοποίηση της συμπεριφοράς τους  $D^H(p_i)$ :

---

<sup>10</sup> Το *unit simplex* είναι ένα σύνολο από 1-διάστατα διανύσματα για τα οποία ισχύει ένας απλός περιορισμός: κάθε συντεταγμένη των διανυσμάτων είναι μη αρνητική και όλες οι 1 συντεταγμένες μαζί αθροίζουν στο 1.

<sup>11</sup> Η ισορροπία όπου υπάρχουν ελεύθερα αγαθά ονομάζεται *corner equilibria*.



$$\max. U_i^H = f(X_i^H)$$

$$\text{s.t. } M_i^H = f(W_i^H, p_i)$$

με  $M_i^H$  το εισόδημα των νοικοκυριών. Παρομοίως, η προσφορά των επιχειρήσεων συμβολίζεται με  $S^F(p_i)$  και προκύπτει από τη μεγιστοποίηση του κέρδους:

$$\max. \Pi_i^F = f(Q_i^F, P, i)$$

$$\text{s.t. } Q_i^F = f(W_i^F, p_i)$$

Οι συναρτήσεις ζήτησης και προσφοράς έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

$$S^F(p_i) \geq 0, D^H(p_i) \geq 0, \text{ είναι συνεχείς και } S^F(p_i \cdot \lambda_i) = S^F(p_i), D^H(p_i \cdot \lambda_i) = D^H(p_i)$$

Η υπόθεση της ομογένειας μηδενικού βαθμού ως προς τις τιμές σημαίνει ότι πολλαπλασιασμός όλων των τιμών πολλαπλασιάζει το εισόδημα με την ίδια κλίμακα και επομένως όλες οι ζητούμενες ποσότητες παραμένουν οι ίδιες.

Η συνάρτηση υπερβάλλουσας ζήτησης ορίζεται ως:

$$Z(p) = \sum_{h \in H} D^h(p) - \sum_{f \in F} S^f(p) - \sum_i W_i^c$$

Ο νόμος του Walras είναι:

$$\forall p \in P, p \cdot Z(p) = \sum_{i=1}^I p_i \cdot Z_i(p) = 0$$

Όπου η  $Z(p)$  περιέχει τις υποθέσεις της φθίνουσας οριακής υποκατάστασης για τα νοικοκυριά και του φθίνοντος οριακού προϊόντος για τις επιχειρήσεις. Μία οικονομία λέγεται ότι είναι σε ισορροπία αν όλες οι τιμές σε όλες τις αγορές έχουν προσαρμοστεί έτσι ώστε η προσφορά να είναι ίση με τη ζήτηση. Προφανώς, όταν η ζήτηση είναι ίση με την προσφορά η υπερβάλλουσα προσφορά είναι μηδέν. Εξαιρέση αποτελούν τα ελεύθερα αγαθά τα οποία σε ισορροπία μπορούν να είναι σε υπερβάλλουσα προσφορά. Έτσι χαρακτηρίζουμε την ισορροπία από την εξής ιδιότητα: για κάθε αγαθό η υπερβάλλουσα προσφορά είναι μηδέν. Έτσι, το  $p^0 \in P$  είναι ένα διάνυσμα τιμών ισορροπίας εάν

$$Z(p^0) \leq 0 \text{ με } p_i^0 = 0 \forall i: Z(p^0) < 0 \text{ [συνθήκη ισορροπίας]}$$

Κατά συνέπεια, γενική ισορροπία είναι η κατάσταση της οικονομίας στην οποία οι ακόλουθες συνθήκες ισχύουν: i) η ζήτηση του καταναλωτή είναι συνάρτηση των τιμών και του εισοδήματος του, ii) κάθε καταναλωτής παρέχει οποιαδήποτε ποσότητα εισροών θέλει λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές εισροών και προϊόντων που επικρατούν, iii) κάθε επιχείρηση μεγιστοποιεί τα κέρδη της με βάση τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τη διαθέσιμη τεχνολογία, τη ζήτηση για το προϊόν της, και την προσφορά των εισροών και iv) η αξία των προϊόντων που ζητούνται ισούται με την αξία των προϊόντων που προσφέρονται ταυτόχρονα σε όλες τις αγορές.

#### 2.4.2 Η ενσωμάτωση της αγοράς χρήματος

Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας αφορούν την πραγματική οικονομία δίχως να συμπεριλαμβάνουν την έννοια του χρήματος (money illusion). Όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα οι τιμές των αγαθών είναι σχετικές μεταξύ τους (unit simplex). Τα θεμέλια της ενσωμάτωσης της αγοράς χρήματος στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας τέθηκαν από την εργασία των F. Bourguignon, W. H. Branson, και J. de Melo (1989). Η εργασία τους συνδέει τα χαρακτηριστικά του IS-LM υποδείγματος του Tobin (1969) με την επιλογή κλεισίματος του υποδείγματος γενικής ισορροπίας. Η κεντρική τους ιδέα ήταν η χρήση της εθνικολογιστικής ταυτότητας με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίσουν την ισότητα αποταμίευσης επενδύσεων μέσω της ισορροπίας στην αγορά χρήματος. Η μεθοδολογική αυτή προσέγγιση μπορεί σύντομα να περιγραφεί ως εξής:

Η εθνικολογιστική ταυτότητα είναι:

$$C + I + G + (X - M) = Y + T \text{ με } Y = C + S$$

όπου C είναι η ιδιωτική κατανάλωση, I οι ιδιωτικές επενδύσεις, G οι δημόσιες δαπάνες, X οι εξαγωγές, M οι εισαγωγές, S η ιδιωτική αποταμίευση, Y το εισόδημα και T οι φόροι.

Αν απαλείψουμε την κατανάλωση και από τα δύο μέρη τότε προκύπτει η εξίσωση ισορροπίας ροής κεφαλαίων που μπορεί να ερμηνευθεί και ως κλείσιμο του Walras:

$$-(G - T) + (S - I) - (X - M) = 0$$

Η εξίσωση αυτή αποτελείται από τρεις ταυτότητες:

i) την ταυτότητα του ισοζυγίου πληρωμών:

$$X - M = E_X * (\Delta A_f + \Delta B_R + \Delta B_f)$$

στην οποία υποθέτουμε ότι η χρηματοδότηση του ελλείμματος (ή της κατανομής του πλεονάσματος) προκύπτει από την μεταβολή των καθαρών ξένων περιουσιακών στοιχείων  $A_f$ , την μεταβολή των τραπεζικών διαθεσίμων  $B_R$  και τον εξωτερικό δανεισμό  $B_f$  προσαρμοσμένα με την συναλλαγματική ισοτιμία  $E_X$ .

ii) την ταυτότητα του δημόσιου προϋπολογισμού:

$$G - T = \Delta B_g + \Delta P_g + E_X * B_f$$

Όπου το έλλειμμα/πλεόνασμα του κράτους προκύπτει από την μεταβολή του κρατικού δανεισμού από τράπεζες  $B_g$ , του ιδιωτικού δανεισμού  $P_g$  και του δανεισμού από το εξωτερικό  $B_f$ .

iii) την ισότητα αποταμίευσης-επενδύσεων:

$$S - I = \Delta M_s + \Delta P_g + E_X * \Delta A_f - \Delta B_p$$

Η ισότητα αυτή που χρησιμοποιείται για το κλείσιμο των CGE υποδειγμάτων, στην προκειμένη περίπτωση επεκτείνεται ούτως ώστε η διαφορά μεταξύ αποταμίευσης και επένδυσης να χρηματοδοτείται από αλλαγές στην προσφορά χρήματος  $M_s$ , από την μεταβολή του ιδιωτικού δανεισμού από τον δημόσιο τομέα  $P_g$ , την μεταβολή των καθαρών ξένων περιουσιακών στοιχείων  $A_f$  και από την μεταβολή του ιδιωτικού δανεισμού από τράπεζες  $B_p$ .

Αντικαθιστώντας στην ταυτότητα ισορροπίας ροής κεφαλαίων προκύπτει:

$$-(\Delta B_g + \Delta P_g + E_X * B_f) + (\Delta M_s + \Delta P_g + E_X * \Delta A_f - \Delta B_p) - E_X * (\Delta A_f + \Delta B_R + \Delta B_f) = 0$$

και

$$\Delta M_s = \Delta B_p + \Delta B_g + E_X * \Delta B_R .$$

Η τελευταία ταυτότητα αποτελεί την νομισματική ταυτότητα η οποία χρησιμοποιείται πλέον ως κανόνας κλεισίματος του υποδείγματος. Σε αυτήν την περίπτωση το χρήμα

αποτελεί τον φυσικό *numeraire*<sup>12</sup> του υποδείγματος. Έτσι όλες οι ποσότητες και οι τιμές (συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου πληθωρισμού) μπορούν να υπολογιστούν ενδογενώς.

### 2.4.3 Ατελής ανταγωνισμός στην αγορά προϊόντος

Η πλειοψηφία των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας υιοθετούν την υπόθεση του τέλει ανταγωνισμού και σταθερών οικονομιών κλίμακας. Το κύριο κίνητρο για την κίνηση πέρα από το παράδειγμα του τέλει ανταγωνισμού δόθηκε προς το τέλος της δεκαετίας του '80, όταν οι οικονομολόγοι προσπαθούσαν να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις του ευρωπαϊκού προγράμματος της ενιαίας αγοράς (Single Market Programme). Υποστηρίχτηκε ότι η κύρια θετική επίδραση από αυτό το πρόγραμμα θα προερχόταν από την εκμετάλλευση της δυνατότητας οικονομιών κλίμακας, από την ενδυνάμωση του ανταγωνισμού και από την εξειδίκευση. Όλα αυτά τα ζητήματα δεν θα μπορούσαν προφανώς να εξεταστούν από ένα υπόδειγμα που θα υπέθετε τέλει ανταγωνισμό στις αγορές αγαθών και συντελεστών παραγωγής.

Λαμβάνοντας υπόψη το κίνητρο αυτό το ζήτημα ήταν να βρεθεί εκείνο το μικροοικονομικό πλαίσιο ατελούς ανταγωνισμού που θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως βάση για ένα υπόδειγμα γενικής ισορροπίας. Αυτό το πλαίσιο είχε θεμελιωθεί από τους *Dixit* και *Stiglitz* (1977) που υιοθέτησαν την προσέγγιση της ποικιλίας προϊόντων καταφέροντας έτσι να εισαγάγουν την έννοια του μονοπωλιακού ανταγωνισμού στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας. Ουσιαστικά όλες οι μεταγενέστερες εργασίες στον τομέα αυτό έχουν επηρεαστεί σημαντικά από αυτήν την προσέγγιση.

Η συνεισφορά των *DS* μπορεί να συνοψιστεί στα εξής:

---

<sup>12</sup> Η τιμή του αγαθού σε σχέση με την οποία εκφράζονται οι τιμές όλων των υπολοίπων αγαθών της οικονομίας (η έννοια του *numeraire* πρωτοαναφέρεται από τον *Steuart (1767)*). Η χρήση του *numeraire* δικαιολογείται από την ομογένεια μηδενικού βαθμού των συναρτήσεων υπερβάλλουσας προσφοράς ως προς τις τιμές ( $f(tp) = f(p)$ ). Η ισορροπία του υποδείγματος είναι μοναδική για όποιο *numeraire* επιλεχθεί και η επιλογή του αφορά στην διαδικασία προσαρμογής του υποδείγματος. Οι αναγκαίες συνθήκες για την στασιμότητα του υποδείγματος εξαρτώνται από την επιλογή του *numeraire* (*Hahn, 1982*).

- η κάθε επιχείρηση παράγει μία συγκεκριμένη ποικιλία του προϊόντος του κλάδου στον οποίο υπάγεται. Όλες οι ποικιλίες αθροίζονται μέσω μίας συνάρτησης CES προκειμένου να διαμορφωθεί το τελικό προϊόν του κλάδου,
- οι συναρτήσεις χρησιμότητας που χρησιμοποιούν είναι διαχωρίσιμες και ομοθετικές και όλα τα προϊόντα έχουν μοναδιαίες ελαστικότητες εισοδήματος. Η διαχωρισιμότητα των συναρτήσεων χρησιμότητας τους επέτρεψε να εισάγουν και να διαχωρίσουν την λήψη απόφασης κατανάλωσης σε δύο επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο ο καταναλωτής αποφασίζει την αγορά των σύνθετων αγαθών και στο δεύτερο επίπεδο τις ποικιλίες των αγαθών,
- οι οικονομίες κλίμακας εισάγονται στο υπόδειγμα μέσω της προσθήκης ενός όρου σταθερού κόστους στην συνάρτηση παραγωγής (π.χ. η ελάχιστη ποσότητα εργασίας και κεφαλαίου που απαιτούνται για την έναρξη της παραγωγής). Η επιχείρηση προκειμένου να χρηματοδοτήσει το σταθερό της κόστος προσαυξάνει την τιμή του προϊόντος (που ισούται με το οριακό κόστος παραγωγής του) κατά ένα σταθερό όρο (**mark-up**) και η ισορροπία προκύπτει από την εύρεση του άριστου αριθμού επιχειρήσεων/ποικιλιών εντός του κλάδου.

Το υπόδειγμα των DS αποτέλεσε τον πυρήνα για την ανάπτυξη υποδειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να αναλύσουν προβλήματα διεθνούς εμπορίου, οικονομικής γεωγραφίας και οικονομικής ανάπτυξης. Το βιβλίο των Brakman και Heijdra (2002) περιέχει μια αναλυτική έρευνα για τα υποδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ένα από αυτά τα ερευνητικά πεδία. Όσον αφορά στην βιβλιογραφία του διεθνούς εμπορίου η συμβολή του υποδείγματος οδήγησε στην διαμόρφωση μιας νέας θεωρίας εμπορίου η οποία διατυπώθηκε από τον P. Krugman (1979, 1980). Επίσης ο Ethier (1982) εξήγησε τον μεγάλο όγκο του διμερούς εμπορίου χρησιμοποιώντας το μεθοδολογικό πλαίσιο των DS. Το μεθοδολογικό πλαίσιο των DS έχει χρησιμοποιηθεί σε εφαρμοσμένα υποδείγματα προκειμένου να προσομοιωθεί η συμπεριφορά των πολυεθνικών επιχειρήσεων και της ετερογένειας των επιχειρήσεων. Σύγχρονα εφαρμοσμένα υποδείγματα γενικής ισορροπίας που έχουν υιοθετήσει την προσέγγιση DS για την αναπαράσταση μονοπωλιακού ανταγωνισμού είναι το WorldScan<sup>13</sup>, το GTAP<sup>14</sup>, το Mirage<sup>15</sup>, το Linkage<sup>16</sup>.

---

<sup>13</sup> Roland de Bruijn

#### 2.4.4 Αγορά εργασίας

Τα περισσότερα υποδείγματα γενικής ισορροπίας ακολουθούν την πλήρως ανταγωνιστική προσέγγιση στην αναπαράσταση της αγοράς εργασίας. Οι μισθοί προσαρμόζονται πλήρως έως ότου εξισορροπηθούν η προσφορά με την ζήτηση εργασίας. Η προσφορά εργασίας προκύπτει από την μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του αντιπροσωπευτικού νοικοκυριού υπό τον εισοδηματικό του περιορισμό. Η ζήτηση για εργατικό δυναμικό από τις επιχειρήσεις προκύπτει από την επίλυση του προβλήματος μεγιστοποίησης των κερδών της επιχείρησης. Η νεοκλασική θεώρηση πλήρους προσαρμογής των μισθών έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία αναπαράστασης της ηθελημένης ανεργίας. Συγκεκριμένα η μορφή της ανεργίας που προκύπτει στα νεοκλασικά μοντέλα αφορά την μη ηθελημένη ανεργία η οποία είναι το αποτέλεσμα της επιλογής του νοικοκυριού για επιπλέον ελεύθερο χρόνο. Στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν ατέλειες στην αγορά εργασίας οι οποίες δημιουργούν σχετική ακαμψία των μισθών και επομένως μη ηθελημένη ανεργία. Το μειονέκτημα αυτό των υπολογιζόμενων μοντέλων γενικής ισορροπίας δεν έχει αντιμετωπιστεί επαρκώς σε εμπειρικό επίπεδο καθώς η πολυπλοκότητα που δημιουργείται καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την επίλυση τους. Στην βιβλιογραφία οι κύριες προσεγγίσεις για την εισαγωγή ατελειών στην αγορά εργασίας αφορούν:

- Ύπαρξη μισθών αποδοτικότητας (**Shapiro & Stiglitz, 1984**). Σύμφωνα με την θεωρία αυτή οι υψηλοί μισθοί αυξάνουν την προσπάθεια των εργαζομένων και βελτιώνουν την παραγωγικότητα τους.
- Ατελής πληροφόρηση για την ύπαρξη κενών θέσεων εργασίας και προσφοράς εργασίας (**Mortensen - Pissarides (1999) - search and match**).
- Ύπαρξη εργατικών συνδικάτων που ανάλογα με την διαπραγματευτική τους δύναμη διαπραγματεύονται είτε το επίπεδο του μισθού είτε το μισθό μαζί με το επίπεδο απασχόλησης (**De Menil, 1971**).

---

<sup>14</sup> Francois and Roland-Holst (FRH) (1996).

<sup>15</sup> Bchir et al. (2002).

<sup>16</sup> Mensbrugghe (2003).

- Νομοθεσία που ορίζει το ύψος του κατώτατου μισθού. Η ύπαρξη κατώτατου μισθού έχει την μεγαλύτερη επίπτωση στην απασχόληση των νέων και ανειδίκευτων εργατών, **Abowd (2004)**.

#### 2.4.5 Ενδογενής τεχνολογική αλλαγή

Ο Schumpeter (1942) διέκρινε τρία στάδια της τεχνολογικής προόδου: i) εφεύρεση ενός προϊόντος ή διαδικασίας ii) μετατροπή της εφεύρεσης σε εμπορικό προϊόν (καινοτομία) iii) υιοθέτηση ολόκληρης ή μέρους της καινοτομίας από άλλες επιχειρήσεις (διάχυση). Οι δαπάνες που απαιτούνται για κάθε στάδιο της τεχνολογικής προόδου προέρχονται είτε από τις ίδιες τις επιχειρήσεις είτε από το κράτος. Το αποτέλεσμα των δαπανών αυτών είναι ένα άυλο αγαθό (π.χ. πατέντες) το οποίο χρησιμοποιείται μαζί με τους υπόλοιπους συντελεστές παραγωγής προκειμένου να παραχθεί το τελικό προϊόν της επιχείρησης. Οι δαπάνες των επιχειρήσεων σε έρευνα και ανάπτυξη οφείλονται είτε στο κίνητρο τους για αύξηση του κέρδους (από την δημιουργία μονοπωλιακού οφέλους) είτε στην προσπάθεια της επιχείρησης να παραμείνει ανταγωνιστική (π.χ. διατήρηση ή αύξηση του μεριδίου αγοράς της). Το όφελος από τις επενδύσεις για τεχνολογική πρόοδο που υλοποιεί μία επιχείρηση, μειώνεται σταδιακά καθώς η καινοτομία διαχέεται και στις υπόλοιπες επιχειρήσεις Griliches (1979). Βέβαια η διάχυση των νέων τεχνολογιών δεν είναι ποτέ στιγμιαία αλλά ακολουθεί μια σιγμοειδής καμπύλη (στον οριζόντιο άξονα της καμπύλης ορίζεται ο χρόνος και στον κάθετο η διάχυση της τεχνολογίας), βλ. Rogers (1995). Το σχήμα της καμπύλης αυτής αντικατοπτρίζει την σχετική δυσκολία αντιγραφής/υιοθέτησης της νέας τεχνολογίας από τις επιχειρήσεις βραχυπρόθεσμα (π.χ. εκπαίδευση προσωπικού, αγορά ή τροποποίηση μηχανολογικού εξοπλισμού, χρονική διάρκεια πατέντας), την έντονη διάχυση μεσοπρόθεσμα και σταθεροποίηση μακροπρόθεσμα (όπου η τεχνολογία πλέον έχει ωριμάσει ή η αντίστοιχη αγορά κορεστεί).

Στη συντριπτική πλειοψηφία των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας η τεχνολογική πρόοδος αντιμετωπίζεται ως εξωγενής μεταβλητή. Έτσι οι δραστηριότητες των οικονομικών παραγόντων δεν επηρεάζουν καθόλου την έρευνα και ανάπτυξη και την διάχυση της καινοτόμου τεχνολογίας. Συγκεκριμένα η συνολική τεχνολογική πρόοδος και η παραγωγικότητα των συντελεστών παραγωγής λαμβάνονται υπόψη στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας μέσω:

1. Της εισαγωγής εξωγενών μεταβλητών στην συνάρτηση παραγωγής (αύξηση μεριδίου συντελεστών παραγωγής, μείωση μοναδιαίου κόστους παραγωγής) οι οποίες αντικατοπτρίζουν την αυτόνομη (μη χρηματοδοτούμενη) τεχνική πρόοδο. Χαρακτηριστικά υποδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι το **GEM-E3**, **G-Cubed**, **EPPA**, **PACE**. Η τεχνική αυτή αποτελεί ένα ευριστικό (**heuristic**) μέτρο της τεχνολογικής προόδου και αναπαριστά δομικές μεταβολές είτε στο σύνολο της οικονομίας είτε στην διαδικασία παραγωγής ενός κλάδου.
2. Της διάκρισης διαφορετικών γενιών κεφαλαίου (**capital vintage**) όπως στην περίπτωση του υποδείγματος **GREEN**.
3. Της εισαγωγής νέων τεχνολογιών στην παραγωγή ηλεκτρισμού (**backstop technologies**). Οι τεχνολογίες αυτές είναι γνωστές αλλά το κόστος παραγωγής τους δεν τους επιτρέπει να γίνουν ανταγωνιστικές. Οι τεχνολογίες αυτές αρχίζουν να γίνονται ανταγωνιστικές και να παίρνουν μερίδιο στην παραγωγή ηλεκτρισμού μόνο όταν μειωθεί το κόστος παραγωγής τους ή/και αυξηθεί το κόστος παραγωγής των συμβατικών τεχνολογιών. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των τεχνολογιών αυτών είναι ότι μειώνουν το υψηλό ενεργειακό κόστος που προκύπτει μακροπρόθεσμα από την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων ή/και από την επιβολή περιβαλλοντικών πολιτικών. Η ύπαρξη και χρήση των τεχνολογιών αυτών επηρεάζει σημαντικά το κόστος προσαρμογής της οικονομίας από μία πολιτική μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, **Manne and Richels, (1994)**. Ειδικότερα έχει παρατηρηθεί ότι τα υποδείγματα στα οποία προσδιορίζεται εξωγενώς η τεχνική πρόοδος και εφαρμόζονται στην μελέτη πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής τείνουν να υπερεκτιμούν το κόστος προσαρμογής της οικονομίας.

Αυτός ο τρόπος αντιμετώπισης της τεχνολογικής προόδου ενώ μπορεί να αποτυπώσει τις επιπτώσεις από την βελτίωση της παραγωγικότητας των συντελεστών παραγωγής αποτυγχάνει να ενσωματώσει την αιτία δημιουργίας καινοτομίας και τις επιπτώσεις από τη διάχυση της.

Η καινοτομία είναι το αποτέλεσμα συνειδητών πράξεων των οικονομικών παραγόντων όπως προκύπτει από τις εργασίες των Romer (1990), Grossman-Helpman (1991), Aghion και Howitt (1992), Grubb et al., (1995), που παρέχουν τα μικροοικονομικά θεμέλια των



επενδυτικών αποφάσεων σε έρευνα και ανάπτυξη καθώς και τη σύνδεση τους με την απόδοση της οικονομίας.

Συγκεκριμένα η έρευνα στο αντικείμενο της ενδογενούς ανάπτυξης αναζωπυρώθηκε με την ερευνητική εργασία του Romer (1990). Ο Romer έδειξε πώς ένα DS υπόδειγμα ενδιάμεσων εισροών, μπορεί να συνδυαστεί με ένα υπόδειγμα όπου η απόφαση για επένδυση σε έρευνα και ανάπτυξη είναι ενδογενής. Οι επενδύσεις των επιχειρήσεων σε έρευνα και ανάπτυξη οδηγούν στην ανάπτυξη νέων ποικιλιών οι οποίες αποτελούν τις εισροές άλλων επιχειρήσεων. Ο Romer συμπέρανε ότι οι επενδύσεις αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε μακροχρόνια ανάπτυξη μέσω της αύξησης της εξειδίκευσης.

Έτσι ουσιαστικά οι εξελίξεις στην σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία ενδογενούς ανάπτυξης στηρίζονται στην θεωρία του ατελούς ανταγωνισμού και στις αρχές της βιομηχανικής οργάνωσης. Η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στα κίνητρα για επένδυση σε έρευνα και ανάπτυξη (ακολουθώντας την προσέγγιση του Schumpeter), στον τρόπο εισαγωγής διπαραγοντικών καμπύλων εκμάθησης (learning by research – learning by doing) και στον τρόπο διάχυσης της καινοτομίας, Verspagen (2002)<sup>17</sup>. Η προσπάθεια όμως εισαγωγής ενδογενούς οικονομικής μεγέθυνσης στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη καθώς οι διαδικασίες διαμόρφωσης της τεχνολογικής προόδου είναι ιδιαίτερα σύνθετες και δεν έχουν γίνει έως σήμερα πλήρως κατανοητές. Οι Helpman, Bresnahan και Trajtenberg, 1994 υποστηρίζουν ότι ακόμα και ένα μικρό υπόδειγμα που προσπαθεί να περιλάβει αυτούς τους μηχανισμούς γίνεται υπερβολικά περίπλοκο.

#### 2.4.6 Η επίλυση του υποδείγματος γενικής ισορροπίας

Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την επίλυση των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Σταθερού σημείου –Scarf (1973).

---

<sup>17</sup> Fagerberg, Jan & Verspagen, Bart, 2002. "Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation," Research Policy, Elsevier, vol. 31(8-9), pages 1291-1304, December.

- Γραφή του υποδείγματος σε επίπεδα και έκφρασης του ως σύστημα μη γραμμικών εξισώσεων - **Adelman & Robinson (1978)**.
- Γραφή του υποδείγματος σε λογαριθμικές-γραμμικές εξισώσεις και επίλυση του συστήματος των γραμμικών εξισώσεων – **Johansen (1960), Dixon et al. (1982)**
- Μη γραμμικός προγραμματισμός– **Ginsburgh & Waelbrock (1981)**

Από τις παραπάνω προσεγγίσεις αυτή που έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική και που τελικά επικράτησε είναι αυτή της γραφής του υποδείγματος ως σύστημα μη γραμμικών εξισώσεων και η επίλυση του με αλγόριθμους τύπου Gauss-Seidel/Jacobi, Newton-Rapheson, Powel. Αυτή είναι και η μεθοδολογική προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί από το υπόδειγμα GEM-E3.

Η γραφή του υποδείγματος γενικής ισορροπίας σε ένα σύστημα μη γραμμικών εξισώσεων προκύπτει από την μετατροπή των υπο-προβλημάτων αριστοποίησης (μεγιστοποίηση της ευημερίας του καταναλωτή, μεγιστοποίηση του κέρδους της επιχείρησης κτλ.) σε πρόβλημα μεικτής<sup>18</sup> συμπληρωματικότητας<sup>19</sup> MCP (mixed complementarity problem).

Τα προβλήματα μη γραμμικού προγραμματισμού αποτελούν στην ουσία υποσύνολο των προβλημάτων μεικτής συμπληρωματικότητας. Η γενική μορφή του προβλήματος μεικτής συμπληρωματικότητας<sup>20</sup> έχει ως ακολούθως:

$$\text{δεδομένης συνάρτησης } f: R^n \rightarrow R^n$$

$$\text{να βρεθεί } z \in R^n$$

$$\text{υπό τον περιορισμό } f(z) \geq 0, z \geq 0, z^T \cdot f(z) = 0$$

Ο Mathiesen (1985) απέδειξε ότι ένα Arrow-Debreu υπόδειγμα γενικής ισορροπίας μπορεί να γραφεί σαν πρόβλημα μεικτής συμπληρωματικότητας εάν ισχύουν τρεις ανισότητες:

---

<sup>18</sup> Μείγμα ισοτήτων, ανισοτήτων.

<sup>19</sup> Είτε η συνάρτηση υπερβάλλουσας προσφοράς είναι μηδέν και υπάρχει θετικό διάνυσμα τιμών είτε η συνάρτηση υπερβάλλουσας προσφοράς είναι θετική και το διάνυσμα τιμών είναι μηδέν (π.χ. δημόσια αγαθά).

<sup>20</sup> Η γραφή ενός προβλήματος MCP ισοδυναμεί με την γραφή των KKT συνθηκών του προβλήματος.

i)  $-\Pi \geq 0, Q \geq 0, Q^T \cdot (-\Pi) \geq 0$  (Συνθήκη μηδενικού κέρδους)

ii)  $S - D \geq 0, p \geq 0, p^T \cdot (S - D) = 0$  (Συνθήκη εκκαθάρισης της αγοράς)

iii)  $E - I \geq 0, I \geq 0, I^T \cdot (E - I) = 0$  (Εξασφάλιση του εισοδηματικού περιορισμού).

Όπου  $\Pi$ : κέρδος,  $Q$ : παραγωγή,  $S$ : συνολική προσφορά,  $D$ : συνολική ζήτηση,  $E$ : πλούτος,  $I$ : εισόδημα,  $p$ : τιμές. Σε κάθε μία από τις παραπάνω ανισότητες αντιστοιχεί και ένα σύνολο μη αρνητικών μεταβλητών (δυνατές τιμές): ποσότητα  $Q$ , τιμή  $P$  και εισόδημα  $I$  αντίστοιχα.

## 2.5 Υποδείγματα γενικής ισορροπίας για την κλιματική αλλαγή, την ενέργεια και το περιβάλλον

Το οικονομετρικό υπόδειγμα των Hudson-Jorgenson (1975) έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων ενεργειακής ανάλυσης. Τα περισσότερα υποδείγματα ενεργειακής ανάλυσης έκαναν την εμφάνισή τους την δεκαετία του 70' ως αποτέλεσμα της αύξησης των τιμών του πετρελαίου το 1973 και 1979. Τα υποδείγματα αυτά περιέγραφαν αναλυτικά τον ενεργειακό τομέα αλλά δεν ήταν συνδεδεμένα με την υπόλοιπη οικονομία (η ζήτηση ενέργειας προσδιοριζόταν εξωγενώς). Η πρώτη προσπάθεια ενσωμάτωσης της υπόλοιπης οικονομίας σε ένα ενεργειακό μοντέλο έγινε από τον Allan Manne (1977) με το ETA-MACRO υπόδειγμα. Ο Manne ανέπτυξε ένα μονοτομιακό νεοκλασικό υπόδειγμα προκειμένου να προσδιορίσει την συνολική ζήτηση ενέργειας η οποία χρησίμευε ως εισόδος στο ενεργειακό του μοντέλο. Στις αρχές της δεκαετίας του 90 η έρευνα επικεντρώθηκε περισσότερο στις επιπτώσεις από την χρήση συγκεκριμένων μορφών ενέργειας παρά στον τρόπο με τον οποίο παράγεται ο ηλεκτρισμός. Συγκεκριμένα η ανάλυση του προβλήματος της όξινης βροχής αλλά και της κλιματικής αλλαγής άρχισαν να γίνονται οι κύριοι άξονες ανάπτυξης των υποδειγμάτων. Το πιο γνωστό υπόδειγμα εκείνης της εποχής είναι το παγκόσμιο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας GREEN του ΟΟΣΑ που αναπτύχθηκε από τους Burniaux et al (1992). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των CGE υποδειγμάτων να συμπεριλαμβάνουν τόσο την προσφορά όσο και την ζήτηση ενέργειας, αλλά και της ταυτόχρονης αναπαράστασης όλων των αγορών μιας οικονομίας τα καθιέρωσε ως ένα σημαντικό εργαλείο ανάλυσης ενεργειακών και περιβαλλοντικών πολιτικών. Σήμερα υπάρχει πληθώρα υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας προσανατολισμένα

στην ενεργειακή και περιβαλλοντική ανάλυση. Σε αυτό έχει συντελέσει η βελτίωση των αλγορίθμων επίλυσης τους, η επάρκεια των δεδομένων αλλά και η ανάπτυξη λογισμικού ειδικά σχεδιασμένου για την κατασκευή υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας (π.χ. MPSGE). Σε αυτό το μέρος της διατριβής παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά υποδείγματα, από άποψη θεωρητικής τεκμηρίωσης και εφαρμογής, γενικής ισορροπίας που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και για την αξιολόγηση διαφορετικών ενεργειακών πολιτικών. Αυτά είναι τα: EPPA-MIT(2005), G-CUBED(1998), GTAP-E(2000), GTEM-ABARE(2002), και WorldScan(2005).

### 2.5.1 G-Cubed

Το υπόδειγμα G-Cubed έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί από τους McKibbin και Wilcoxon (1992). Συνδυάζει την δυναμική μακροοικονομική προσέγγιση του υποδείγματος MSG2 (McKibbin και Sachs, 1991) και το οικονομετρικό κομμάτι του δυναμικού υποδείγματος γενικής ισορροπίας για την αμερικάνικη οικονομία των Jorgenson και Wilcoxon (1989). Το υπόδειγμα των Jorgenson και Wilcoxon χωρίζει την οικονομία σε 35 οικονομικούς τομείς ο καθένας από τους οποίους αναπαριστάται στο υπόδειγμα από μία συνάρτηση κόστους που έχει εκτιμηθεί οικονομετρικά.

Το υπόδειγμα G-Cubed έχει μόνο 12 τομείς άλλα κάθε τομέας του είναι επίσης βασισμένος σε οικονομετρικά εκτιμημένες συναρτήσεις κόστους. Το υπόδειγμα αυτό κατασκευάστηκε προκειμένου να αξιολογήσει πολιτικές σχετικές με το περιβάλλον και το διεθνές εμπόριο εστιάζοντας όμως ιδιαίτερα σε πολιτικές σχετικές με την κλιματική αλλαγή. Είναι ένα παγκόσμιο υπόδειγμα το οποίο καλύπτει 10 περιοχές. Οι χώρες συνδέονται διαχρονικώς μέσω του εμπορίου και των χρηματοοικονομικών αγορών. Παράλληλα επιβάλλονται διαχρονικοί περιορισμοί εισοδήματος στα νοικοκυριά, τις κυβερνήσεις και τις χώρες (στις τελευταίες μέσω της συσσώρευσης του εξωτερικού χρέους). Η ενσωμάτωση αυτών των χαρακτηριστικών στο υπόδειγμα προϋπέθεσε την εισαγωγή forward-looking προσδοκιών στις αποφάσεις για κατανάλωση και επένδυση. Ο αριθμός οικονομικών τομέων που περιγράφονται από το υπόδειγμα επιτρέπει την ανάλυση περιβαλλοντικών πολιτικών αφού αυτές τείνουν συνήθως να επηρεάζουν περισσότερο τα μικρά κομμάτια της οικονομίας. Ο συνδυασμός της λεπτομερούς αναπαράστασης των παραγωγικών τομέων με τα μακροοικονομικά χαρακτηριστικά του υποδείγματος MSG2 επιτρέπει στο G-Cubed να

εξετάσει τα μακροπρόθεσμα κόστη εναλλακτικών περιβαλλοντικών πολιτικών και ταυτόχρονα να εξετάσει τις μακροοικονομικές τους επιπτώσεις διαχρονικά.

Συνολικά, το υπόδειγμα αποτελεί μία γέφυρα μεταξύ των υποδειγμάτων υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας και μακροοικονομικών υποδειγμάτων. Λεπτομέρειες για το συνδυασμό CGE υποδειγμάτων και παραδοσιακών μακρό-οικονομετρικών υποδειγμάτων μπορούν να βρεθούν στην μελέτη του McKibbin (1993b).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του G-Cubed είναι:

- Συνδυασμός πραγματικών οικονομιών και χρηματοοικονομικών αγορών.
- Δυναμικός υπολογισμός του αποθέματος και των ροών των πραγματικών πόρων και χρηματοοικονομικών στοιχείων.
- Επιβολή διαχρονικών περιορισμών εισοδήματος έτσι ώστε οι οικονομικοί παράγοντες και οι χώρες να μην μπορούν να δανείζουν και να δανείζονται επ' άπειρον.
- Οι βραχυπρόθεσμες συμπεριφορές είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος νεοκλασικής συμπεριφοράς και **ad-hoc** συμπεριφοράς.
- Το πραγματικό κομμάτι της οικονομίας είναι έτσι κατασκευασμένο ούτως ώστε να επιτρέπει την παραγωγή και εμπορία αγαθών και υπηρεσιών εντός και μεταξύ των χωρών.
- Πλήρες βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο μακροοικονομικό κλείσιμο με την εισαγωγή μακρο-δυναμικών στοιχείων σε ετήσια βάση (η επέκταση αυτή έχει βασιστεί στο νεοκλασικό υπόδειγμα ανάπτυξης των **Solow** και **Swan(1956)**).
- Το υπόδειγμα λύνεται ανά έτος με λογικές προσδοκίες από το **2000** έως το **2200**.

## 2.5.2 GTEM

Το υπόδειγμα παγκόσμιου εμπορίου και περιβάλλοντος (Global Trade and Environment Model – GTEM) προέρχεται από το υπόδειγμα MEGABARE (του οποίου ο βασικός πυρήνας προέρχεται από το υπόδειγμα GTAP). Το GTEM θεωρείται ως μια πλήρως ανανεωμένη και εκτεταμένη έκδοση του MEGABARE. Τα κύρια νέα χαρακτηριστικά του υποδείγματος σχετίζονται με την εκτεταμένη κάλυψη των αερίων του θερμοκηπίου αλλά και με την ύπαρξη συναρτήσεων εκπομπών για τα αέρια του θερμοκηπίου που δεν προέρχονται από καύσεις (Brown et al. 1999; Tulpulé et al. 1999).

Άλλες αναθεωρήσεις του υποδείγματος περιλαμβάνουν ένα νέο και απλουστευμένο κανόνα για την κατανομή του εισοδήματος των νοικοκυριών σε ιδιωτική και δημόσια κατανάλωση και μία τροποποιημένη συνάρτηση επενδύσεων. Οι παραγωγοί στο GTEM δραστηριοποιούνται σε τέλεια ανταγωνιστικές αγορές με τεχνολογίες σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Κάτω από αυτές τις υποθέσεις οι τιμές είναι τέτοιες που καλύπτουν το κόστος και οι βιομηχανίες έχουν φυσιολογικά κέρδη τα οποία διοχετεύονται στους πρωταρχικούς συντελεστές παραγωγής. Στο GTEM ένα αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό κατέχει όλους τους συντελεστές παραγωγής και λαμβάνει όλες τις πληρωμές που γίνονται σε αυτούς, όλα τα έσοδα από φόρους άλλα και τις καθαρές μεταβιβαστικές πληρωμές από το εξωτερικό. Το διαθέσιμο εισόδημα του νοικοκυριού κατανέμεται σε ιδιωτική, δημόσια κατανάλωση και αποταμίευση. Η εθνική αποταμίευση υποτίθεται ότι συμβαδίζει με το εθνικό εισόδημα.

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί το υπόδειγμα είναι η GTAP έκδοση 6.0 κατάλληλα τροποποιημένη ώστε να είναι συνεπής με τις ιδιαίτερες ανάγκες του υποδείγματος. Ειδικότερα αλλαγές έγιναν στον ενεργειακό τομέα ενώ επιπρόσθετα δεδομένα συγκεντρώθηκαν για τις εκπομπές αερίων και τον πληθυσμό. Η βασική έκδοση του υποδείγματος περιλαμβάνει 13 περιοχές και 50 τομείς.

Το GTEM επιλύεται χρησιμοποιώντας το λογισμικό GEMPACK. Το λογισμικό αυτό επιτρέπει στο χρήστη να λύσει σύνθετα μη γραμμικά υποδείγματα τα οποία μπορούν να γραφούν σε γραμμική μορφή. Το GTEM επιλύεται με μία ακολουθία γραμμικών λύσεων (παρόμοια με τη μέθοδο των πολυωνυμικών προσεγγίσεων σε καμπύλη) ανανεώνοντας την βάση δεδομένων του υποδείγματος έπειτα από κάθε λύση.

### 2.5.3 EPPA

Το υπόδειγμα EPPA (Emissions Prediction and Policy Analysis) αναπτύχθηκε στο MIT μέσω του *Joint Program on the Science and Policy of Global Change* και είναι ένα λεπτομερές, παγκόσμιο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας. Το υπόδειγμα αυτό χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει διαφορετικές πολιτικές μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και να αναλύσει τις επιπτώσεις και τις συνέπειες των πολιτικών αυτών. Τα αποτελέσματα του υποδείγματος που αφορούν στα αέρια θερμοκηπίου και την χρήση της γης χρησιμοποιούνται σαν είσοδος σε ένα κλιματολογικό υπόδειγμα (IGSM, βλ. Sokolov et al.,

2005) το οποίο υπολογίζει τις επιπτώσεις στην δημόσια υγεία, τις επιπτώσεις από την αλλαγή της στάθμης της θάλασσας και τις επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή, στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται ως είσοδος στο υπόδειγμα EPPA.

Το υπόδειγμα EPPA προέρχεται από το GREEN (General Equilibrium Environmental) το οποίο χρηματοδοτήθηκε από τον ΟΟΣΑ και αναπτύχθηκε από τον Burniaux, (1992). Το EPPA είναι ένα πολύ-τομεακό, διαδοχικά δυναμικό<sup>21</sup> (recursive dynamic) υπόδειγμα γενικής ισορροπίας και καλύπτει την περίοδο έως το 2100 ανά πέντε έτη. Η οικονομική δομή κάθε περιοχής του υποδείγματος αποτελείται από 16 παραγωγικούς τομείς. Κάθε ένας από αυτούς του τομείς χαρακτηρίζεται από μία ιεραρχικά δομημένη συνάρτηση σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης. Η μέθοδος υπολογισμού των παραμέτρων είναι το calibration και το έτος βάσης του μοντέλου είναι το 2000. Η βάση δεδομένων του EPPA αποτελείται από πίνακες εισροών εκροών για κάθε μία από τις 16 περιοχές που καλύπτει και από πίνακες διμερούς εμπορίου.

Το υπόδειγμα έχει γραφεί στο λογισμικό GAMS ενώ ο αλγόριθμος επίλυσης είναι ο PATH (αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων μεικτής συμπληρωματικότητας)

#### 2.5.4 WorldScan

Η πρώτη έκδοση του υποδείγματος κατασκευάστηκε από τους Ben Geurts και Hans Timmer και χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη "Scanning the Future" (CPB, 1992). Το WorldScan ανήκει στην κατηγορία των παραδοσιακών μοντέλων γενικής ισορροπίας αφού βασίζεται στην νεοκλασική θεωρία, έχει ισχυρή μικροοικονομική θεμελίωση και προσδιορίζει την ισορροπία ταυτόχρονα σε όλες τις αγορές.

Το WorldScan διαιρεί τον κόσμο σε 16 περιοχές και αναπαριστά την οικονομία σε 16 τομείς. Οι συναρτήσεις παραγωγής που χρησιμοποιούνται είναι CES και Cobb Douglas. Το μοντέλο υποθέτει όμοια δομή της παραγωγής σε όλους τους τομείς κάθε περιοχής. Επίσης το μοντέλο προσδιορίζει δύο τύπους εργασίας: ειδικευμένη και ανειδίκευτη. Η προσφορά

---

<sup>21</sup> Διαδοχή στατικών ισορροπιών που εξαρτώνται από την ανανέωση του αποθέματος κεφαλαίου από ενδογενείς επενδύσεις.

τόσο για τους εξειδικευμένους όσο και για τους ανειδίκευτους εργάτες είναι εξωγενής. Η εργασία έχει κατηγοριοποιηθεί σε ειδικευμένη και ανειδίκευτη βάσει μελετών σχετικών με τον βαθμό εκπαίδευσης του εργατικού δυναμικού κάθε κράτους. Στο υπόδειγμα υποτίθεται ότι άφθονο ειδικευμένο εργατικό δυναμικό υπάρχει στις χώρες του ΟΟΣΑ ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν άφθονο ανειδίκευτο εργατικό δυναμικό. Ο διαχωρισμός αυτός της εργασίας επιτρέπει την περιγραφή των προτύπων εξειδίκευσης μεταξύ των περιοχών του ΟΟΣΑ και των υπολοίπων περιοχών.

Στο WorldScan η αποταμίευση και οι επενδύσεις είναι ίσες σε παγκόσμιο επίπεδο καταδεικνύοντας έτσι την ολοκλήρωση των αγορών κεφαλαίου. Επιπλέον οι αγορές κεφαλαίου έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτρέπεται η προσφορά κεφαλαίου από διαφορετικές περιοχές.

Το μοντέλο υποθέτει προσαρμοστικές προσδοκίες για κάποιες βασικές μεταβλητές όπως τα επιτόκια, οι ρυθμοί ανάπτυξης και οι μετοχές. Αυτές οι προσδοκίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε το μοντέλο να είναι συμβατό με τον steady state ρυθμό ανάπτυξης. Συνολικά, το μοντέλο χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό backward-looking μακρο προσδοκιών και ενός ακριβούς μηχανισμού ισορροπίας στο τομεακό επίπεδο.

Το μοντέλο έχει εκτιμηθεί στο έτος 2001 και χρησιμοποιεί την βάση δεδομένων GTAP v6. Οι προβλέψεις για τον πληθυσμό βασίζονται σε μελέτες των Ηνωμένων Εθνών και ο ρυθμός αύξησης της απασχόλησης σε στοιχεία του διεθνούς οργανισμού εργατικού δυναμικού (International Labour Organization -ILO).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του World Scan είναι:

- Στο εμπόριο υιοθετείται η υπόθεση **Armington (1969)** επιτρέποντας μεσοπρόθεσμα την μονοπωλιακή δύναμη να καθορίζει τους όρους εμπορίου ενώ οι μηχανισμοί **Heckscher – Ohlin** ισχύουν μακροπρόθεσμα.
- Ατελής κινητικότητα κεφαλαίου
- Τα καταναλωτικά πρότυπα εξαρτώνται από το κατά κεφαλή εισόδημα.
- Ένας μηχανισμός τύπου **Lewis** χαμηλής παραγωγικότητας στις αναπτυσσόμενες χώρες από τις οποίες οι υψηλά παραγωγικοί τομείς μπορούν να αντλήσουν εργασία διευκολύνοντας έτσι υψηλή ανάπτυξη για μία μακρά περίοδο.
- Δύο είδη εργασίας: ειδικευμένη και ανειδίκευτη.



### 2.5.5 GTAP

Το GTAP στην βασική του έκδοση είναι ένα πολύ-τομεακό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας με τέλει ανταγωνισμό και σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Το διμερές εμπόριο έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με την υπόθεση του Armington. Το υπόδειγμα δίνει στον χρήστη την επιλογή μεταξύ διαφορετικών κανόνων κλεισίματος περιλαμβάνοντας ακόμα και επιλογές κλεισίματος μερικής ισορροπίας επιτρέποντας έτσι την σύγκριση με μελέτες που έχουν βασιστεί σε μοντέλα μερικής ισορροπίας.

Ο τρόπος με τον οποίο η επιχείρηση συνδυάζει τις εισροές προκειμένου να παράγει βασίζεται στην διαχωριστικότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Γίνεται η υπόθεση ότι οι επιχειρήσεις επιλέγουν το άριστο μείγμα των συντελεστών παραγωγής ανεξάρτητα από τις τιμές των ενδιάμεσων αγαθών. Στο υπόδειγμα μόνο οι σχετικές τιμές της εργασίας και του κεφαλαίου επηρεάζουν την ζήτηση για τα στοιχεία της προστιθέμενης αξίας. Υποθέτοντας αυτού του είδους τον διαχωρισμό το μοντέλο επιβάλλει τον εξής περιορισμό: η ελαστικότητα υποκατάστασης των πρωταρχικών συντελεστών παράγωγης και η ελαστικότητα των ενδιάμεσων εισροών πρέπει να είναι ίσες.

Επιπλέον τα εισαγόμενα ενδιάμεσα αγαθά θεωρούνται ξεχωριστά από τα εγχωρίως παραγόμενα αγαθά ενδιάμεσης χρήσης. Αυτό σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις πρώτα αποφασίζουν για τις εισαγωγές τους και έπειτα βάση της προκύπτουσας σύνθετης τιμής εισαγωγής προσδιορίζουν το άριστο μείγμα μεταξύ εισαγόμενων και εγχώριων προϊόντων.

Στο GTAP η συμπεριφορά των νοικοκυριών προσδιορίζεται από μία συναθροιστική συνάρτηση χρησιμότητας που ορίζεται από τη σύνθετη ιδιωτική κατανάλωση, τις δημόσιες αγορές και την αποταμίευση. Το μοντέλο αυτό υιοθετεί μια ειδική περίπτωση της συνάρτησης Stone Geary όπου όλα τα μερίδια ελάχιστης κατανάλωσης είναι ίσα με μηδέν (συνάρτηση Cobb Douglas). Ακόμη ένα χαρακτηριστικό της συνάρτησης χρησιμότητας είναι η χρήση ενός δείκτη κυβερνητικών δαπανών που χρησιμοποιείται ως προσέγγιση του επιπέδου της ευημερίας για την παροχή αγαθών και υπηρεσιών στα νοικοκυριά. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στον Keller (1980) που καταδεικνύει ότι οι προτιμήσεις για δημόσια αγαθά είναι διαφορετικές από τις προτιμήσεις για ιδιωτικά αγαθά.

### 2.5.6 Επισκόπηση των υποδειγμάτων

Όλα τα μοντέλα που περιγράφηκαν παραπάνω εστιάζουν σε μέσο-μακροπρόθεσμες αναλύσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και των πολιτικών εμπορίου. Τα περισσότερα από αυτά μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. κοινές συναρτησιακές σχέσεις, βάσεις δεδομένων, αλγόριθμους επίλυσης κτλ) αλλά κατά κύριο λόγο έχουν ένα ή δύο βασικά χαρακτηριστικά που τα ξεχωρίζουν και προσδιορίζουν την πραγματική τους συνεισφορά στην βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα

- Οικονομική εκτίμηση παραμέτρων (**G-Cubed**)
- Ενσωμάτωση χρηματοοικονομικών αγορών και δυναμικών στοιχείων (**G-Cubed**).
- Διεθνής ανάπτυξη και εμπόριο (**World Scan, EPPA-MIT**)
- Αναπαράσταση ειδικευμένης και ανειδίκευτης εργασίας (**World Scan**)
- Ενσωμάτωση μηχανισμού εξαντλήσιμων πόρων (**EPPA**)
- Ενσωμάτωση όλων των αερίων του θερμοκηπίου (**EPPA**)
- Επεξεργασία ιδιωτικών προτιμήσεων χρησιμοποιώντας μη ομοθετικές (**constant difference of elasticities**) CDE συναρτήσεις (**GTAP**).

Όσον αφορά στις συναρτήσεις παραγωγής η πλειοψηφία των παραπάνω υποδειγμάτων υιοθετεί την συνάρτηση παραγωγής CES. Σε μία ιεραρχικά δομημένη συνάρτηση παραγωγής το τελικό προϊόν ορίζεται ως συνάρτηση των εισροών που βρίσκονται σε χαμηλότερο ιεραρχικά επίπεδο. Όπως έχει ήδη συζητηθεί αυτή η μορφή έχει το πλεονέκτημα της τοποθέτησης διαφορετικών ελαστικοτήτων υποκατάστασης ανά επίπεδο (δημιουργεί συμπληρωματικότητα μεταξύ συγκεκριμένων συντελεστών παραγωγής και αποκλείει την συμπληρωματικότητα αυτή για άλλους). Μερικά υποδείγματα (π.χ. EPPA, WorldScan) συνδυάζουν στην ιεραρχική τους δομή συναρτήσεις CES, Leontief και Cobb Douglas. Η ιεραρχική δομή που εφαρμόζεται πιο συχνά είναι η KLEM (Capital – Labor – Energy - Material).

Η συμπεριφορά των καταναλωτών μοντελοποιείται με πολλούς τρόπους. Η πιο απλή προσέγγιση είναι αυτή του αντιπροσωπευτικού καταναλωτή που κατανέμει το εισόδημα του μεταξύ καταναλωτικών αγαθών και αποταμίευσης (EPPA). Στο WorldScan η κατανάλωση προσδιορίζεται σε τρία επίπεδα βάσει της κατανομής στον χρόνο, τις κατηγορίες των αγαθών και τέλος στις ποικιλίες των αγαθών. Σε όλα τα παραπάνω υποδείγματα η εργασία θεωρείται πρωταρχικός συντελεστής παραγωγής και

περιλαμβάνεται στην ιεραρχική δομή της CES είτε άμεσα είτε με τη μορφή ενός σύνθετου αγαθού. Η προσφορά της εργασίας θεωρείται ότι παρέχεται από τα νοικοκυριά και προσδιορίζεται εξωγενώς. Σε όλα τα μοντέλα γενικής ισορροπίας που παρουσιάστηκαν η αγορά εργασίας προσαρμόζεται πλήρως με αποτέλεσμα κανένα από τα παραπάνω υποδείγματα να μην μπορεί να αποτυπώσει την έννοια της μη ηθελημένης ανεργίας.

Σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου το GTEM καλύπτει τρία αέρια (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και το N<sub>2</sub>O) ενώ το EPPA είναι το μοναδικό υπόδειγμα που ενσωματώνει όλα τα αέρια του θερμοκηπίου που καλύπτονται από το πρωτόκολλο του Κιότο επιτρέποντας έτσι μια συνεπή αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων περιβαλλοντικής πολιτικής.

Όλα τα υποδείγματα ενσωματώνουν ενδογενές διμερές εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών. Συνήθως χρησιμοποιούν την υπόθεση Armington: οι εισαγωγές είναι ατελή υποκατάστατα των εγχώριων παραγόμενων προϊόντων, το οποίο υπονοεί διαφοροποίηση προϊόντων. Το WorldScan επιτρέπει επιπλέον και μηχανισμούς Heckscher – Ohlin.

Το WorldScan, EPPA, GTAP και το GTEM είναι διαδοχικά δυναμικά (recursive dynamic) μοντέλα. Οι οικονομικοί παράγοντες σε αυτά τα υποδείγματα έχουν μυωπικές προσδοκίες υπό την έννοια ότι εκλαμβάνουν το τρέχων επίπεδο τιμών ως επίπεδο μακροχρόνιας ισορροπίας.

Όσον αφορά στην αναπαράσταση του κλάδου ηλεκτροπαραγωγής όλα τα παραπάνω μοντέλα υιοθετούν μια αθροιστική συνάρτηση παραγωγής του ηλεκτρισμού δίχως να διακρίνουν τις ξεχωριστές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού.

Δεδομένου του τεράστιου αριθμού δεδομένων που απαιτούνται για ένα πολύ-τομεακό υπόδειγμα η πλειοψηφία των παραπάνω υποδειγμάτων χρησιμοποιεί την τεχνική της προσαρμογής στο έτος βάσης προκειμένου να υπολογίσει τις παραμέτρους. Μόνο το G-Cubed χρησιμοποιεί οικονομετρικές τεχνικές για την εκτίμηση των παραμέτρων του (οι περισσότερες εκτιμήσεις όμως αφορούν προσαρμογές εκτιμήσεων για την Αμερικάνικη οικονομία).

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιούν τα περισσότερα μοντέλα είναι η GTAP. Αυτή είναι και η μοναδική επιλογή αφού σχεδόν όλα τα μοντέλα γενικής ισορροπίας βασίζονται σε πίνακες εισροών εκροών. Παρόλα αυτά επιπρόσθετα δεδομένα χρειάζονται όσον αφορά

στην απασχόληση, επιτόκια, ενεργειακά ισοζύγια δείκτες τιμών καταναλωτή. Αυτά συνήθως βρίσκονται από πηγές όπως ο διεθνής οργανισμός εργασίας (ILO), η Παγκόσμια τράπεζα (World Bank), ο ΟΟΣΑ (OECD) και το διεθνές νομισματικό ταμείο (IMF).

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2.*

**Πίνακας 2-1: Συγκριτική παρουσίαση υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας**

Υπόδειγμα	Ζήτηση		Παραγωγή		Συμπεριφορά Κυβέρνησης	Χώρες/ Περιοχές	Βάση Δεδομένων	Μεθοδολογία εκτίμησης παραμέτρων	Αλγόριθμος Επίλυσης	Ειδικά Χαρακτηριστικά
	Συναρτήσεις Ζήτησης	Αριθμός Νοικοκυριών	Συνάρτηση Παραγωγής	Αριθμός Κλάδων						
G-CUBED	CES	1	CES	12	Εξωγενής	10	U.S. Bureau of Economics Analysis	Οικονομετρική Εκτίμηση	Solver developed by MacKibin.	Αγορά Χρήματος, Δυναμικό.
EPPA-MIT	CES	1	CES, Leontief, Cobb-Douglas	16	Εξωγενής	16	GTAP/IEA v5.	Calibration	MCP/MPSGE	Αέρια του θερμοκηπίου Μηχανισμός εξαντλήσιμων πόρων.
WORLDSCAN	CES	2	CES, Cobb Douglas	16	Εξωγενής	16	GTAP v6.	Calibration	PATH	Διαφορετικά πρότυπα κατανάλωσης
GTAP	Special Case Stone Geary	1	CES	57/10		12	GTAP v6.	Calibration	GEMPACK	Εκτενής αναπαράσταση παγκόσμιου εμπορίου και αγροτικού τομέα
GTEM	CES	1	CES, Leontief	19	Εξωγενής	23	GTAP v4.	Calibration	GEMPACK	Αναπαράσταση μηχανισμού αποθήκευσης άνθρακα.

*ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2*

1. Armington, P.S. 1969, A theory of demand for products distinguished by place of production, *International Monetary and Staff Papers*, vol. 16, pp. 159–78
2. Adelman, I., and S. Robinson (1988) Macroeconomic Adjustment and Income Distribution, *Journal of Development Economics*, Vol. 29.
3. Arrow, K. J. (1974) General Economic Equilibrium: Purpose, Analytic Techniques, Collective Choice, *American Economic Review*, Vol. 64, pp. 253-272.
4. Arrow, K. J., F.H.Hahn (1971) General Competitive Analysis.
5. Adam Smith “An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations”, London: Methuen and Co., Ltd., ed. Edwin Cannan, 1904. Fifth edition.
6. Babiker, M.H., J.M. Reilly, M. Mayer, R.S. Eckaus, I.S. Wing, and R.C. Hyman (2001) The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Revisions, Sensitivities, and Comparisons of Results, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
7. Bandara, J. S. (1991) Computable General Equilibrium Models for Development Policy Analysis in LDCs, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 7, pp. 3-69.
8. Bhattacharyya, S. C. (1996) Applied General Equilibrium Models for Energy Studies: A Survey, *Energy Economics*, Vol. 18, pp. 145-164.
9. Bourguignon, F., J. de Melo, and A. Suwa (1989) Distributional Effects of Adjustment Policies: Simulations for Two Archetype Economies. Background Paper for 1990 WDR, World Bank.
10. Bourguignon, F., J. de Melo, and A. Suwa (1991) Modelling the Effects of Adjustment Programmes on Income Distribution, *World Development*, Vol. 19, pp. 1527-1544.
11. Burniaux, Incidence des distorsions affectant les marchés de l'énergie sur les coûts des mesures de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>: résultats des simulations sur le modèle GREEN (1992)
12. Capros P., P. Georgakopoulos et al. “Coordinated versus uncoordinated European carbon tax solutions analysed with GEM-E3 linking the EU-12 countries”, in S. Proost (editor) “Economic Aspects of Environmental Policy”, Kluwer Academic Publishers, 1996

13. Capros P., P. Georgakopoulos et al. "Double Dividend Analysis: First results of a general equilibrium model linking the EU-12 countries", in C. Carraro and D. Siniscalco (editors) "Environmental Fiscal Reform and Unemployment", Kluwer Academic Publishers, book published in 1995.
14. Capros, P., P. Karadeloglou, and P. Mentzas (1990) An Empirical Assessment of Macroeconometric and CGE Approaches in Policy Modeling, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 12, pp. 557-585.
15. de Melo J. and S. Robinson (1982) Trade Adjustment Policies and Income Distribution in Three Archetype Developing Economies, *Journal of Development Economics*, Vol. 10.
16. de Melo, J. (1988) Computable General Equilibrium Models for Trade Policy Analysis in Developing Countries: A Survey, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 10, pp. 469-503.
17. Decaluwe, B., and A. Martens (1988) CGE Modeling and Developing Economies: A Concise Empirical Survey of 73 Application to 26 Countries, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 10.
18. Dervis, K., J. de Melo, and S. Robinson (1982) General Equilibrium Models for Development Policy. World Bank Research Publication.
19. Devaragnan, J., J. Lewis, and S. Robinson (1986) A Bibliography of Computable General Equilibrium (CGE) Models Applied to Developing Countries. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. (Paper No. 400.)
20. Dixon, P. B., and B. R. Paramenter (1996) Computable General Equilibrium Modelling. In H. M. Amman, D. A. Kendrick, and J. Rust (eds) *Handbook of Computational Economics*, Vol.1. North-Holland, New York. pp.385.
21. Don, H. (1999) *WorldScan: the Core version*, Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
22. Francois, Joseph & Nelson, Doug R, 1998. "A geometry of Specialization," CEPR Discussion Papers 1813, C.E.P.R. Discussion Papers.
23. Gale, D., 1955, The law of supply and demand, *Mathematica Scandinavica* 3, 155-189.
24. Ginsburgh, V., and M. Keyzer (1997) *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. Cambridge: MIT Press.



25. Hansen, L. P., and J. J. Heckman (1996) *The Empirical Foundations of Calibration. Journal of Economic Perspectives*, Vol. 10, pp. 87-104.
26. Harberger, 1962, "The Incidence of the Corporate Income Tax," *Journal of Political Economy* 70: 215.
27. Hudson E. A., & Dale W. Jorgenson, 1974. "U.S. Energy Policy and Economic Growth, 1975-2000," *Bell Journal of Economics*, The RAND Corporation, vol. 5(2), pages 461-514,
28. Hertel, T.W., and M.E. Tsigas (1997) *Structure of GTAP*, in Hertel, T.W. (ed.) *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge University Press.
29. James de Melo (1988) *CGE Models for the analysis of Trade Policy in Developing Countries*. (Working Paper 3.)
30. Jorgenson, D. W. (1984) *Econometric Methods for Applied General Equilibrium Analysis*. In H Scarf and J. B. Shoven (eds) pp. 139-203.
31. Jorgenson, D. W., D. T Slesnick, and P. J. Wilcoxon (1992) *Carbon Taxes and Economic Welfare*. Harvard Institute of Economic. (Research Discussion Paper 1589.)
32. Johansen, Leif (1960). *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*, North-Holland (2nd enlarged edition 1974)
33. Kaegård, N. (2000) *The balance between theory and data in applied economic models: A historical survey*, International Network for Economic Methods, Vancouver, Canada.
34. Leontief, W. W., 1941, *The structure of the American economy 1919-1939*, New York: Oxford University Press.
35. Lau, L. (1984) *Comments on Mansur and Whalley's Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration and Data*. In H. Scarf, J. B. Shoven (eds) pp. 127-137.
36. Mansur, A., and J. Whalley (1984) *Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration and Data*. In H Scarf. and J. B Shoven (eds.) pp. 69-126.
37. McKibbin, W.J., and P.J. Wilcoxon (1995) *The theoretical and empirical structure of the G-Cubed model*, Brookings Discussion Paper in International Economics No. 118.

38. McKittrick, R. R. (1998) The Econometric Critique of Computable General Equilibrium Modelling: The Role of Functional Forms, *Economic Modelling*, Vol. 15, pp. 543-573.
39. Nikaido, H. (1968) *Convex Structures and Economic Theory*, New York: Academic Press.
40. Pant, H. (2002) *Global Trade and Environment Model (GTEM): A Computable General Equilibrium Model of the Global Economy and Environment*, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics.
41. Partridge, M. D. and D. S. Rickman (1998) Regional Computable General Equilibrium Modelling: A Survey and Critical Appraisal, *International Regional Science Review*, Vol. 21, pp. 205-248.
42. Pereira, A. M., and J. B. Shoven (1988) Survey of Dynamic Computational General Equilibrium Models for Tax Policy Evaluation, *Journal of Policy Modelling*, Vol. 10, pp. 401-436.
43. Perroni, C. and T. F. Rutherford (1995) A Comparison of the Performance of Flexible Functional Forms for Use in Applied General Equilibrium Analysis. University of Colorado. Working Paper.
44. Scarf, H. E., 1967, On the Computation of equilibrium prices, en W. Fellner e. a., *Ten economic studies in the tradition of Irving Fisher*, 207-230.
45. Scarf, H. E., 1973, *The computation of economic equilibria*. New Haven: Yale University Press.
46. Shoven, J. B. and J. Whalley (1984) Applied General Equilibrium models of Taxation and International: An Introduction and Survey, *Journal of Economic Literature*, Vol. 23, pp. 1007-1051.
47. Shoven, J. B. and J. Whalley (1992) *Applying General Equilibrium*, Cambridge: The University Press.
48. Starr, R.M. (1997) *General Equilibrium Theory*, Cambridge University Press.
49. Tobin, 1971. "Wealth, Liquidity, and the Propensity to Consume," Cowles Foundation Discussion Papers 314, Cowles Foundation, Yale University
50. Thissen, M. (1998) A Classification of Empirical CGE Modelling, SOM Research Report 99C01, University of Groningen.

51. S. Robinson, A. Cattaneo και M. El Said “Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods”, *Economic Systems Research*, Ιούνιος 2001
52. Quesnay, F. Le Tableau Économique "First" 1758 Edition
53. Wald, A., 1934, Ueber die Produktionsgleichungen der oekonomischen Wertlehre, *Ergebnisse eines Mathematischen Kolloquiums* 6, 12-20.
54. Wald, A., 1936, Ueber einige Gleichungssysteme der mathematischen Oekonomie, *Zeitschrift fuer Nationaloekonomie* 7, 637-670.
55. Weyant, J., and J. Hill. 1999. The costs of the Kyoto Protocol: a multi-model evaluation, introduction and overview. *Energy Journal* special issue vii–xliv.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## 3 Το Υπόδειγμα GEM-E3

Η πρώτη έκδοση του υποδείγματος γενικής ισορροπίας GEM-E3 (Capros, 1997)<sup>22</sup> αφορούσε στα 15 κράτη μέλη της Ε.Ε., είχε ως έτος βάσης το 1985 και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τη μελέτη των επιπτώσεων της ενιαίας αγοράς<sup>23</sup>, την ανάλυση πολιτικών κλιματικής αλλαγής<sup>24</sup>, καθώς και την αξιολόγηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας<sup>25</sup>. Ο πυρήνας του υποδείγματος βασίζεται στο νεοκλασικό υπόδειγμα γενικής ισορροπίας των Arrow και Debreu (1954), έχει γραφεί υπό την μορφή προβλήματος μεικτής συμπληρωματικότητας (MCP) και για την επίλυση του χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος PATH<sup>26</sup>. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η βασική έκδοση του υποδείγματος η οποία αποτέλεσε τον πυρήνα για όλες τις πρωτότυπες επεκτάσεις που περιγράφονται σε επόμενα κεφάλαια.

### 3.1 Γενική περιγραφή του υποδείγματος

Το υπόδειγμα GEM-E3 είναι ένα υπολογιζόμενο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας που λύνεται ανά πενταετία (πολλαπλές στατικές ισορροπίες που συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας συνάρτησης συσσώρευσης κεφαλαίου). Οι οικονομικοί συντελεστές που το αποτελούν λαμβάνουν τις αποφάσεις τους βασιζόμενοι σε μυωπικές προσδοκίες (υποθέτουν δηλαδή ότι το τρέχον επίπεδο τιμών αποτελεί επίπεδο μακροχρόνιας ισορροπίας). Οι ελαστικότητες

---

<sup>22</sup> P. Capros, P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, T. Schmidt, K. Conrad (1997) "European Union: The GEM-E3 General Equilibrium Model", special double issue of "Economic & Financial Modelling" Journal, Vol. 4, numbers 2 & 3, summer/autumn 1997.

<sup>23</sup> "Computable General Equilibrium Modelling for the Ex-post Effects of the EU Internal Market Programme (GEM-E3-SM Model)", final report to the European Commission, DG XV and DG II (1996) .

<sup>24</sup> Capros P., P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter and S. Proost (1997) "Using the GEM-E3 model to study the Double Dividend Issue" in "Documents de Travail", no 39, by the Chambre de Commerce et d Industrie de Paris.

<sup>25</sup> "Evaluation of Macroeconomic Implications of Environmental Scenarios" within "Economic Assessment of Priorities for a European Environment Policy Plan", EC-DG Environment (2000).

<sup>26</sup> Dirkse, Ferris (1995)

που έχουν χρησιμοποιηθεί έχουν αντληθεί από την σχετική βιβλιογραφία<sup>27</sup>. Στην βασική έκδοση του υποδείγματος η τεχνική πρόοδος προσδιορίζεται εξωγενώς. Οι πίνακες κοινωνικής λογιστικής της κάθε χώρας αποτελούν την κύρια βάση δεδομένων του υποδείγματος.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πυρήνα του υποδείγματος, σε σχέση με τα τυπικά εφαρμοσμένα υποδείγματα γενικής ισορροπίας, αφορούν στην:

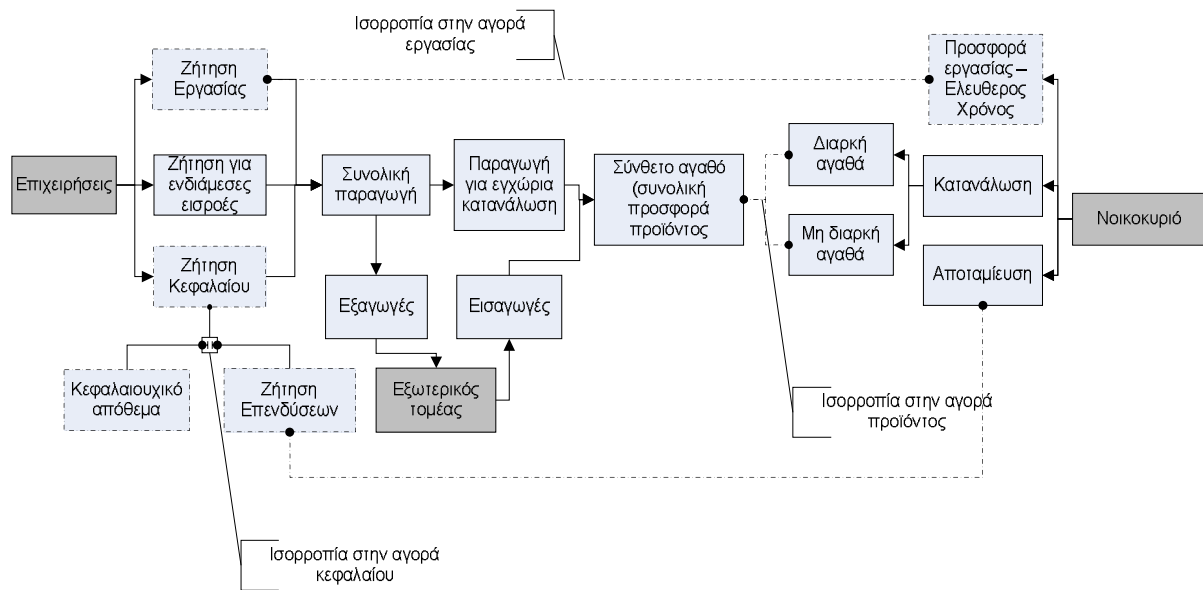
- Ενσωμάτωση πινάκων επενδύσεων που μεταφράζουν την συνολική επένδυση κάθε επιχείρησης σε ζήτηση για επενδυτικά προϊόντα.
- Διάκριση των καταναλωτικών αγαθών σε διαρκή και μη διαρκή (η κατανάλωση των διαρκών αγαθών προϋποθέτει την χρήση συγκεκριμένων μη διαρκών αγαθών).
- Λεπτομερής καταγραφή των συναλλαγών της εθνικής οικονομίας όπως αυτές περιγράφονται από τους πίνακες κοινωνικής λογιστικής.
- Συνεπής αναπαράσταση ενέργειας, οικονομίας και περιβάλλοντος σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

Το Σχήμα 3-1 παρουσιάζει το βασικό οικονομικό κύκλωμα όπως αυτό περιγράφεται στο υπόδειγμα. Απεικονίζονται τα επίπεδα και οι διάφορες αποφάσεις που καλούνται να πάρουν οι οικονομικοί παράγοντες της οικονομίας.

---

<sup>27</sup> βλ. τμήμα 3.12.

Σχήμα 3-1: Οικονομικό κύκλωμα στο υπόδειγμα GEM-E3.



Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζεται η μαθηματική έκφραση του υποδείγματος. Για την περιγραφή αυτή έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθες συμβάσεις: οι μεταβλητές απεικονίζονται με κεφαλαία γράμματα, οι παράμετροι με μικρά, μόνο οι αριθμημένες εξισώσεις είναι μέρος του υποδείγματος. Οι αποδείξεις των εξισώσεων παρατίθενται στο παράρτημα.

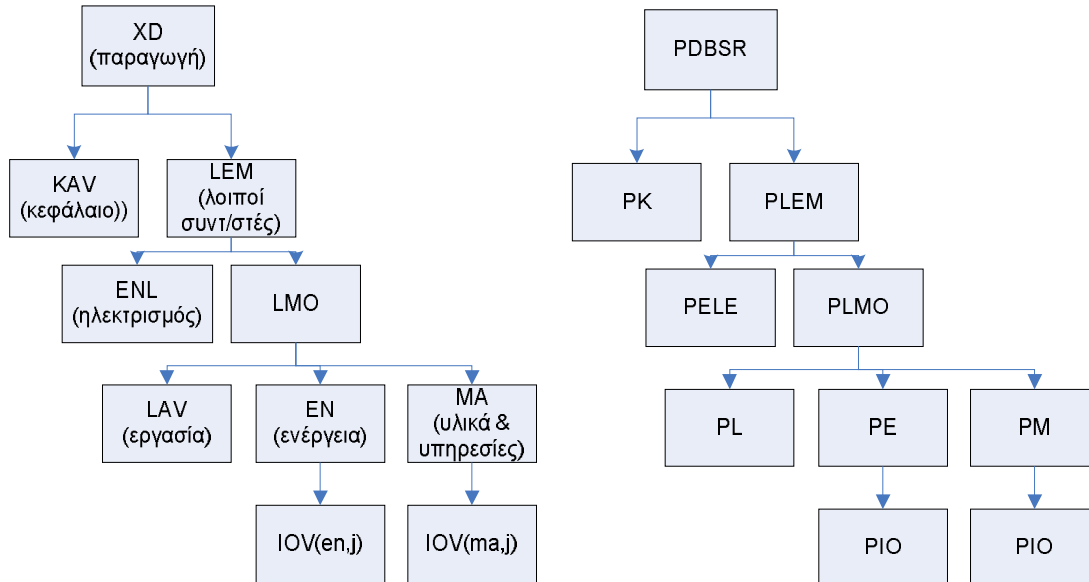
### 3.2 Η Παραγωγή

Οι αγορές προϊόντος στο βασικό υπόδειγμα λειτουργούν υπό καθεστώς τέλει ανταγωνισμού όπου ο κάθε παραγωγός μεγιστοποιεί τα κέρδη του. Για κάθε κλάδο υπάρχει μια αντιπροσωπευτική επιχείρηση η οποία παράγει ένα μοναδικό ομοιογενές προϊόν. Οι εισροές της επιχείρησης διακρίνονται σε δύο τύπους: στους πρωτογενείς συντελεστές παραγωγής (κεφάλαιο, γη και εργασία) και στις ενδιάμεσες εισροές προϊόντων που παράγονται από άλλες επιχειρήσεις. Η αθροιστική συνάρτηση παραγωγής της επιχείρησης είναι νεοκλασική, της μορφής σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης ( $C.E.S^{28}$ ) και είναι

28 Arrow et al. [1961]

ιεραρχικά δομημένα σύμφωνα με τις διαθέσιμες ελαστικότητες υποκατάστασης<sup>29</sup>. Το Σχήμα 3-2 περιγράφει την ιεραρχική δομή της συνάρτησης παραγωγής.

Σχήμα 3-2: Ιεραρχική δομή συνάρτησης παραγωγής (σε όγκους και τιμές).



Τα βασικά χαρακτηριστικά της συνάρτησης παραγωγής είναι τα εξής: i) ομογενής βαθμού 1 (σταθερές αποδόσεις κλίμακας), ii) οι καμπύλες ίσου προϊόντος έχουν αρνητική κλίση και είναι αυστηρά κυρτές iii) οι συναρτήσεις των οριακών προϊόντων είναι οιονεί κοίλες για θετικές ποσότητες και ομογενείς βαθμού μηδέν iv) είναι γραμμικά ομογενής<sup>30</sup> και v) έχει σταθερή ελαστικότητα υποκατάστασης.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η αντιπροσωπευτική επιχείρηση είναι η επιλογή των βέλτιστων ενδιάμεσων αναλώσεων και πρωταρχικών συντελεστών παραγωγής που μεγιστοποιούν τα κέρδη της, δεδομένων των τιμών και της συνάρτησης παραγωγής:

$$\text{Max } \Pi_i = P_i \cdot Q_i - PK_i \cdot K_i + PLEM_i \cdot LEM_i$$

<sup>29</sup> Η συγκεκριμένη ιεραρχική δομή έχει προκύψει μετά από βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με τις δυνατότητες υποκατάστασης/συμπληρωματικότητας μεταξύ των συντελεστών παραγωγής.

<sup>30</sup> Ισχύει το θεώρημα του **Euler** όπου κάθε συντελεστής παραγωγής αμείβεται το οριακό του προϊόν και το οικονομικό κέρδος ισούται με μηδέν (πλήρης αξιοποίηση των πόρων – περίπτωση τέλει ανταγωνισμού).

$$Q_i = \bar{Q} \cdot \left( d_i^k \cdot \left( \frac{K}{\bar{K}} \right)^\rho + d_i^{lem} \cdot \left( \frac{LEM}{\bar{LEM}} \right)^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}}$$

Όπου  $i$ : ο αριθμός των επιχειρήσεων/προϊόντων,  $\Pi$ : κέρδος,  $P$ : μοναδιαίο κόστος παραγωγής,  $Q$ : όγκος παραγωγής,  $PLEM$ : τιμή πώλησης του δεσμού εργασίας, ηλεκτρισμού, ενέργειας, και αγαθών,  $LEM$ : όγκος του δεσμού εργασίας, ηλεκτρισμού, ενέργειας, και αγαθών,  $PK$ : κόστος κεφαλαίου,  $K$ : όγκος κεφαλαίου.  $\rho$  είναι παράμετρος που αφορά στην ελαστικότητα υποκατάστασης  $\left( \sigma = \frac{1}{1+\rho} \right)$  μεταξύ των  $K_i$  και  $LEM_i$ ,  $d_i^k, d_i^{LEM}$  είναι οι συντελεστές μεριδίου που υπολογίζονται από τα δεδομένα της χρονιάς βάσης  $d_i^k = \frac{\overline{PK_i \cdot K_i}}{\overline{PK_i \cdot K_i + PLEM_i \cdot LEM_i}}$ . Οι μεταβλητές που αναφέρονται στο έτος βάσης συμβολίζονται με το σύμβολο της σταθεράς (-). Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης κέρδους της επιχείρησης προκύπτουν οι συναρτήσεις ζήτησης συντελεστών παραγωγής για κάθε επίπεδο της συνάρτησης παραγωγής (Σχήμα 3-2).

$$LEM_i = \overline{LEM_i} \cdot \frac{Q_i}{\bar{Q}_i} \cdot \left( \frac{\overline{PLEM_i} \cdot P_i}{\bar{P}_i \cdot PLEM_i} \right)^{\sigma_i^1} \quad [1]$$

$$K_i = \bar{K}_i \cdot \frac{Q_i}{\bar{Q}_i} \cdot \left( \frac{\overline{PK_i} \cdot P_i}{\bar{P}_i \cdot PK_i} \right)^{\sigma_i^1} \quad [2]$$

$$LMO_i = \overline{LMO_i} \cdot \frac{LEM_i}{\bar{LEM_i}} \cdot \left( \frac{\overline{PLMO_i} \cdot PLEM_i}{\overline{PLEM_i} \cdot PLMO_i} \right)^{\sigma_i^2} \quad [3]$$

$$ELE_i = \overline{ELE_i} \cdot \frac{LEM_i}{\bar{LEM_i}} \cdot \left( \frac{\overline{PELE_i} \cdot PLEM_i}{\overline{PLEM_i} \cdot PELE_i} \right)^{\sigma_i^2} \quad [4]$$

$$LAV_i = \overline{LAV_i} \cdot \frac{LMO_i}{\bar{LMO_i}} \cdot \left( \frac{\overline{PLAV_i} \cdot PLMO_i}{\overline{PLMO_i} \cdot PLAV_i} \right)^{\sigma_i^3} \quad [5]$$

$$MA_i = \overline{MA_i} \cdot \frac{LMO_i}{\bar{LMO_i}} \cdot \left( \frac{\overline{PMA_i} \cdot PLMO_i}{\overline{PLMO_i} \cdot PMA_i} \right)^{\sigma_i^3} \quad [6]$$



$$ENE_i = \overline{ENE}_i \cdot \frac{LMO_i}{\overline{LMO}_i} \cdot \left( \frac{\overline{PENE}_i \cdot PLMO_i}{\overline{PLMO}_i \cdot PENE_i} \right)^{\sigma_i^3} \quad [7]$$

$$IOV_{i,j} = \begin{cases} ELE_i, i \in E \\ \frac{\overline{IOV}_{i,j}}{IOV_{i,j}} \cdot \frac{MA_i}{\overline{MA}_i} \cdot \left( \frac{\overline{PIO}_i \cdot PMA_i}{\overline{PMA}_i \cdot PIO_i} \right)^{\sigma_i^4}, i \in M \\ \frac{\overline{IOV}_{i,j}}{IOV_{i,j}} \cdot \frac{EN_i}{\overline{EN}_i} \cdot \left( \frac{\overline{PIO}_i \cdot PENE_i}{\overline{PENE}_i \cdot PIO_i} \right)^{\sigma_i^5}, i \in N \end{cases} \quad [8]$$

Όπου  $ELE$  είναι η ζήτηση για ηλεκτρισμό,  $PELE$  το μοναδιαίο κόστος του ηλεκτρισμού,  $LAV$  η ζήτηση για εργασία,  $PL$  το μοναδιαίο κόστος της εργασίας,  $EN$  η ζήτηση ενέργειας και  $PE$  το μοναδιαίο κόστος της ενέργειας,  $E$  το υποσύνολο του  $i$  που ορίζεται ο ηλεκτρισμός,  $M$  το υποσύνολο του  $i$  που ορίζονται τα αγαθά και οι υπηρεσίες και  $N$  το υποσύνολο του  $i$  που ορίζονται τα ενεργειακά αγαθά. Αντικαθιστώντας τις συναρτήσεις ζήτησης στην συνάρτηση παραγωγής και επιλύοντας ως προς τις τιμές λαμβάνουμε τις συναρτήσεις μοναδιαίου κόστους (δικές συναρτήσεις προσφοράς της επιχείρησης).

$$P_i = \overline{Q}_i \cdot \left[ d_i^K \cdot \left( \frac{PK_i}{\overline{PK}_i} \right)^{1-\sigma_i^1} + d_i^{LEM} \cdot \left( \frac{PLEM_i}{\overline{PLEM}_i} \right)^{1-\sigma_i^1} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^1}} \quad [9]$$

$$PLEM_i = \overline{LEM}_i \cdot \left[ d_i^{ele} \cdot \left( \frac{PELE_i}{\overline{PELE}_i} \right)^{1-\sigma_i^2} + d_i^{LMO} \cdot \left( \frac{PLMO_i}{\overline{PLMO}_i} \right)^{1-\sigma_i^2} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^2}} \quad [10]$$

$$PLMO_i = \overline{LMO}_i \cdot \left[ d_i^{lav} \cdot \left( \frac{PL_i}{\overline{PL}_i} \right)^{1-\sigma_i^3} + d_i^{en} \cdot \left( \frac{PENE_i}{\overline{PENE}_i} \right)^{1-\sigma_i^3} d_i^{ma} \cdot \left( \frac{PMA_i}{\overline{PMA}_i} \right)^{1-\sigma_i^3} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^3}} \quad [11]$$

$$PM_i = \overline{MA}_i \cdot \left[ \sum_{j \in M} d_{j,i}^{iov} \cdot \left( \frac{PIO_j}{\overline{PIO}_j} \right)^{1-\sigma_i^4} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^4}} \quad [12]$$

$$PENE_i = \overline{ENE}_i \cdot \left[ \sum_{j \in N} d_{j,i}^{iov} \cdot \left( \frac{PIO_j}{\overline{PIO}_j} \right)^{1-\sigma_i^5} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^5}} \quad [13]$$

Η συνάρτηση μοναδιαίου κόστους (εξίσωση (9)) είναι η δυική της συνάρτησης παραγωγής και αποτελεί και την συνθήκη μηδενικού κέρδους. Η συνθήκη μηδενικού κέρδους προκύπτει και από την εφαρμογή του θεωρήματος του Euler (λόγω ομογένειας πρώτου βαθμού ως προς τις ποσότητες),  $\Pi \equiv K \cdot \frac{d\Pi}{dK} + LEM \cdot \frac{d\Pi}{dLEM}$  (εάν κάθε συντελεστής παραγωγής αμείβεται με το οριακό του προϊόν τότε το καθαρό οικονομικό κέρδος εξαντλείται στις αμοιβές αυτές).

### 3.3 Η κατανάλωση

Στο GEM-E3 γίνεται η υπόθεση ότι ανά περιοχή/χώρα υπάρχει ένα αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό το οποίο μεγιστοποιεί την συνάρτηση χρησιμότητας του υπό τον εισοδηματικό του περιορισμό. Το εισόδημα του νοικοκυριού προέρχεται από τρεις βασικές πηγές: i) προσφορά εργασίας ii) έσοδα που προκύπτουν από την ιδιοκτησία των επιχειρήσεων και iii) μεταβιβαστικές πληρωμές από το κράτος.

Η συνάρτηση χρησιμότητας του καταναλωτή είναι μία συνάρτηση LES (Linear Expenditure System - Stone Geary<sup>31</sup>) τροποποιημένη (Extended Linear Expenditure System) σύμφωνα με τον Lluch (1973)<sup>32</sup>. Στην βασική έκδοση του GEM-E3 η ELES συνάρτηση έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει την επιλογή του ελεύθερου χρόνου (αντικατάσταση του όρου της αποταμίευσης με την μεταβλητή του ελεύθερου χρόνου) και δίνεται από την σχέση:

$$U(CV, LJV) = (\beta_H \cdot \ln(CV - CH) + \beta_L \cdot \ln(LJV - CL))$$

Όπου  $CV$  είναι η συνολική κατανάλωση,  $CH$  η ελάχιστη κατανάλωση διαβίωσης,  $LJV$  ο ελεύθερος χρόνος,  $CL$  ο ελάχιστος αναγκαίος ελεύθερος χρόνος,  $\beta_H$  παράμετρος που αφορά στο μερίδιο κατανάλωσης,  $\beta_L$  η παράμετρος μεριδίου κατανάλωσης ελεύθερου χρόνου. Το

<sup>31</sup> Stone(1954).

<sup>32</sup> Ο Lluch προέκτεινε την συνάρτηση LES προκειμένου να εισαγάγει την απόφαση για αποταμίευση των νοικοκυριών.

συνολικό και το διαθέσιμο προς κατανάλωση εισόδημα του καταναλωτή δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις αντίστοιχα:

$$M = PL \cdot L + W^{oth}$$

$$YDISP = M - S$$

Όπου:  $PL \cdot L$ : εισόδημα από την προσφορά εργασίας,  $W^{oth}$ : εισοδήματα μη προερχόμενα από την προσφορά εργασίας των νοικοκυριών (π.χ. είσπραξη μερισμάτων από επιχειρήσεις, κρατικές επιδοτήσεις, επίδομα ανεργίας)  $PLJ \cdot LJV$  η αξία του ελεύθερου χρόνου και  $S$  η αποταμίευση.

Το πρόβλημα της απόφασης του καταναλωτή αφορά στην μεγιστοποίηση της διαχρονικής ευημερίας του υπό τον διαχρονικό εισοδηματικό του περιορισμό.

$$\max_{CV, LJV} \int_{t=0}^{\infty} e^{-stp \cdot t} U(CV, LJV)$$

$$s. t. \dot{w}(t) = YDISP(t) - PCI(t) \cdot CV(t) - PCI(t) \cdot CH(t) - PLJ(t) \cdot LJV(t) - PLJ(t) \cdot CL(t)$$

Όπου  $stp$  (social time preference ή subjective rate of discount) είναι το υποκειμενικό επιτόκιο αναγωγής. Από την μεγιστοποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας υπό τον εισοδηματικό περιορισμό προκύπτουν<sup>33</sup> οι άριστες ζητήσεις για συνολική κατανάλωση και ελεύθερο χρόνο [14],[15].

$$CV = ch + \mu \cdot \frac{bh}{PCI} \cdot (YDISP + PLJ \cdot LJV - PLJ \cdot CL - PCI \cdot CH) \quad [14]$$

$$LJV = cl + \mu \cdot \frac{bl}{PLJ} \cdot (YDISP + PLJ \cdot LJV - PLJ \cdot CL - PCI \cdot CL) \quad [15]$$

Όπου  $\mu$  είναι προσεγγιστικός όρος που αφορά στην οριακή ροπή προς κατανάλωση  $\mu = \frac{stp}{r}$ , και  $r$  το επιτόκιο δανεισμού, Lluch (1973). Μετά την απόφαση μεταξύ ελεύθερου χρόνου και κατανάλωσης το νοικοκυριό πρέπει να μοιράσει την κατανάλωση του σε

<sup>33</sup> Η εξαγωγή των σχέσεων ακολουθεί πιστά τον Lluch (1973).

συγκεκριμένα προϊόντα  $fn$  που διακρίνονται σε διαρκή ( $dg$  - durable goods) και μη διαρκή ( $nd$  - non durable goods) ( $FN:\{DG,ND\}$ ). Σε αυτό το στάδιο έχει υιοθετηθεί το υπόδειγμα των Conrad και Schroder (1991) οι οποίοι διακρίνουν την κατανάλωση σε κατανάλωση διαρκών αγαθών και μη διαρκών αγαθών και διαμορφώνουν ένα σύστημα ζήτησης μη διαρκών αγαθών που είναι συνάρτηση της τιμής τους, του αποθέματος των διαρκών αγαθών και της μεταβλητής δαπάνης.

Η συνάρτηση ζήτησης για διαρκή αγαθά (DG) είναι:

$$HCFV_{DG} = chcfv_{DG} + \frac{bhcfv_{DG}}{PDUR_{DG}} \cdot \left( PCI \cdot CV - \sum_{i:nd} PHCFV_i \cdot chcfv_i \right) \quad [16]$$

Όπου  $PDUR$  είναι το κόστος χρήσης διαρκών αγαθών:

$$PDUR_{DG} = PHCFV \cdot (r + d) + PHCFV \cdot (\mincons + DISPCONS) \quad [16]$$

Η χρήση όμως των διαρκών αγαθών σχετίζεται με την κατανάλωση μη διαρκών αγαθών (LND) (π.χ. καύσιμο για την χρήση του αυτοκινήτου). Η κατανάλωση αυτή προκύπτει από την σχέση:

$$LLNDC_{LND,DG} = HCFV_{DG} \cdot (\mincons_{LND,DG} + DISPCONS_{LND,DG}) \quad [17]$$

Όπου  $MINCONS$  είναι η ελάχιστη ποσότητα κατανάλωσης μη διαρκών αγαθών που συνδέονται με την χρήση διαρκών αγαθών και  $DISPCONS$  είναι ο συντελεστής αναλογίας προσαρμοσμένος προς την μεταβολή των σχετικών τιμών κατανάλωσης και προκύπτει από την σχέση

$$DISPCONS_{LND,DG} = alphdisp_{lnd,dg} \cdot \left( \frac{PCI}{PHCFV_{lnd}} \right)^{etadisp_{lnd,dg}} \quad [18]$$

Όπου  $alphdisp$  είναι ο καθαρός συντελεστής αναλογίας,  $etadisp$  η ελαστικότητα τιμής και  $PHCFV$  η τιμή κατανάλωσης. Η κατανάλωση μη διαρκών αγαθών συνδεδεμένων με διαρκή (LND), και η κατανάλωση μη διαρκών αγαθών δίνονται από τις σχέσεις:

$$HCFV_{LND} = chcfv_{lnd} + \frac{bhcfv_{lnd}}{PHCFV_{lnd}} \cdot \left( PCI \cdot CV - \sum_{i:lnd} PHCFV_i \cdot chcfv_i \right) \quad [19]$$

$$+ \sum_{dg} LLNDC_{LND,DG}$$

$$HCFV_{ND} = chcfv_{nd} + \frac{bhcfv_{nd}}{PHCFV_{nd}} \cdot \left( PCI \cdot CV - \sum_{i:nd} PHCFV_i \cdot chcfv_i \right) \quad [20]$$

Έτσι ο καταναλωτής αποφασίζει το επίπεδο των διαρκών αγαθών όχι μόνο με βάση την αξία κτήσης τους αλλά και με βάση το κόστος των προϊόντων που απαιτούνται για την κατανάλωση τους. Η κατανάλωση των μη διαρκών αγαθών και η χρήση των διαρκών αγαθών προϋποθέτει την κατανάλωση συγκεκριμένων καταναλωτικών προϊόντων. Το υπόδειγμα GEM-E3 χρησιμοποιεί πίνακες κατανάλωσης σταθερών συντελεστών που μεταφράζουν την κατανάλωση ανά σκοπό σε ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα. Έτσι η τελική ζήτηση καταναλωτικών προϊόντων προκύπτει από την σχέση

$$HCV_{pr} = \sum_{fn} tchcfv_{pr,fn} \cdot HCFV_{fn} \quad [21]$$

### 3.4 Επενδύσεις

Οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό των επενδύσεων αφορούν στο υπόδειγμα επιτάχυνσης AM (accelerator model)<sup>34</sup> και στο q του Tobin(1969)<sup>35</sup>. Το υπόδειγμα GEM-E3 υιοθετεί μια συνάρτηση επενδύσεων που αντλεί στοιχεία και από τις δύο προσεγγίσεις. Συγκεκριμένα η συνάρτηση επενδύσεων βασίζεται στην συνάρτηση των Ando-Modiglianni (1974) σύμφωνα με τους οποίους η επένδυση δίνεται από την σχέση

<sup>34</sup> Το AM υποθέτει ότι η άριστη ζήτηση κεφαλαίου είναι συνάρτηση του επιπέδου παραγωγής  $K_t^* = \mu_t \cdot XD_t$ . Οι τιμές, οι μισθοί, το επιτόκιο δεν έχουν καμία επιρροή στην διαμόρφωση της ζήτησης κεφαλαίου. Έτσι αφού το υπόδειγμα υποθέτει άμεση προσαρμογή του κεφαλαίου στο βέλτιστο του επίπεδο η επένδυση είναι και αυτή άμεση συνάρτηση του επιπέδου παραγωγής  $I_t = K_t^* - K_{t-1}^* = \mu \cdot (XD_t - XD_{t-1})$ . Μια παραλλαγή της προσέγγισης αυτής αφορά στην μη αυτόματη προσαρμογή του κεφαλαίου  $I_t = \lambda \cdot (K_t^* - K_{t-1}^*)$ .

<sup>35</sup> Σύμφωνα με αυτήν την θεώρηση η καθαρή επένδυση εξαρτάται από την σχέση της αγοραίας τιμής του κεφαλαιουχικού αγαθού προς το κόστος αντικατάστασής του.

$I_t = \hat{k}_t \cdot \Delta X_t^c$  όπου  $\hat{k}_t$  είναι ο λόγος κεφαλαίου προς την παραγωγή και  $\Delta X_t^c$  είναι η καθαρή μεταβολή του δυναμικού της επιχείρησης (μεταβολή του αποθέματος κεφαλαίου). Στο υπόδειγμα GEM-E3 από την λύση του προβλήματος αριστοποίησης του παραγωγού προκύπτει η άριστη ζήτηση κεφαλαίου  $K^*$  ως συνάρτηση του λόγου του κεφαλαίου ως προς την παραγωγή  $\frac{K}{Q}$  (εξ. [2]), της παραγωγής  $Q$  και του λόγου των σχετικών τιμών. Η σχέση αυτή παρέχει το steady-state του κεφαλαίου ως συνάρτηση της παραγωγής και του κόστους κεφαλαίου. Το κεφαλαιουχικό απόθεμα προκύπτει από την παρακάτω δυναμική εξίσωση

$$KAVC_t = (1 - d)^t \cdot KAVC_{t-1} + INVV_t \quad [22]$$

Επομένως η επένδυση καλύπτει την μεταβολή της δυναμικότητας της επιχείρησης συν την απόσβεση του κεφαλαίου:

$$INVV_t = \Delta X_t + \mathbf{d} \cdot \mathbf{KAVC}_{t-1}$$

Η μεταβολή της δυναμικότητας της επιχείρησης  $\Delta X_t$  προκύπτει από την σύγκριση του κεφαλαιουχικού αποθέματος  $\mathbf{KAVC}_{t-1}$  του περασμένου έτους με την άριστη ζήτηση κεφαλαίου της τρέχουσας χρονιάς  $K_t^*$ . Χρησιμοποιώντας το μέσο  $q$  του Tobin σύμφωνα με το Hayashi (1982) η επιχείρηση λαμβάνει επιπλέον υπ' όψιν της στην ζήτηση νέου κεφαλαίου, την αγοραία αξία του σε σχέση με το κόστος αντικατάστασης του  $\frac{PK}{PINV \cdot (r+d)}$ , έτσι προκύπτει η εξίσωση:

$$INVV_t = K_t^* \cdot \left( \frac{PK}{PINV \cdot (r+d)} - 1 + d \right)$$

Στο **GEM-E3** οι προσδοκίες της επιχείρησης για μελλοντική κερδοφορία *stgr* προσδιορίζονται εξωγενώς και έτσι η παραπάνω συνάρτηση γίνεται η [23] η οποία αποτελεί και την συνάρτηση επενδύσεων του υποδείγματος.

$$INVV_t = K_t \cdot a^0 \cdot \left[ \left( \frac{PK}{PINV \cdot (r+d)} \right)^{s1 \cdot a1} \cdot (1 + stgr) - (1 - d) \right] \quad [23]$$

Όπου  $a^0, a^1$  παράμετροι που αφορούν στην προσαρμογή του κεφαλαίου και ελαστικότητας τιμής αντίστοιχα και *stgr* η παράμετρος που αφορά στις προσδοκίες για την εξέλιξη του κλάδου (το  $a^0$  είναι η ανάλογη τιμή  $\lambda$  του accelerator υποδείγματος όταν το κεφάλαιο δεν

προσαρμόζεται άμεσα). Το ύψος της επένδυσης αυξάνει τις παραγωγικές δυνατότητες τις επιχείρησης από την επόμενη περίοδο. Το μοναδιαίο κόστος κεφαλαίου προκύπτει ως η δυική τιμή της εξίσωσης ισορροπίας διαθέσιμου και ζητούμενου κεφαλαιουχικού αποθέματος.

$$KAV_t = KAVC_{t-1} \quad [24]$$

Η υλοποίηση των επενδύσεων από την επιχείρηση μεταφράζεται σε ζήτηση επενδυτικών προϊόντων που παράγονται από τους υπολοίπους κλάδους της οικονομίας μέσω ενός πίνακα επενδύσεων σταθερών συντελεστών  $tinvpv_{pr,br}$ :

$$INV = \sum_{pr} \sum_{br} tinvpv_{pr,br} \cdot INV_{br} \quad [25]$$

### 3.5 Εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών

Η κάλυψη της τελικής και ενδιάμεσης ζήτησης γίνεται από ένα σύνθετο προϊόν ( $Y$ ) που αποτελείται από εγχωρίως παραγόμενα αγαθά ( $XXD$ ) και από εισαγόμενα αγαθά ( $IMP$ ). Η αντιμετώπιση των εγχωρίως παραγόμενων αγαθών και των εισαγομένων ως υποκατάστατων βασίζεται στον Armington (1969).

Ο αγοραστής του σύνθετου αγαθού επιδιώκει την ελαχιστοποίηση του συνολικού του κόστους και αποφασίζει το βέλτιστο ποσοστό εγχωρίων και εισαγόμενων με βάση τις σχετικές τους τιμές, ούτως ώστε ο οριακός ρυθμός υποκατάστασης να ισούται με τον λόγο των τιμών των δύο προϊόντων. Στο μοντέλο υποθέτουμε ότι η συμπεριφορά των αγοραστών είναι ενιαία και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε τη μέθοδο αυτή στη συνολική ζήτηση για κάθε κλάδο.

Η συνολική δαπάνη του καταναλωτή δίνεται από την παρακάτω σχέση (η συνολική αξία του σύνθετου αγαθού  $PY \cdot Y$  ισούται με το άθροισμα της αξίας των εισαγόμενων  $PIMP \cdot IMP$  και των εγχωρίως παραγόμενων προϊόντων  $PXD \cdot XXD$ ):

$$PY_i \cdot Y_i = PXD_i \cdot XXD_i + PIMP_i \cdot IMP_i$$

Τα δύο αγαθά, εγχωρίως παραγόμενο και εισαγόμενο, «αθροίζονται» μέσω μίας CET (constant elasticity of transformation) συνάρτησης η οποία δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y_i = \left[ (d_i^{xxd})^{\frac{1}{sx}} \cdot (XXD_i)^{\frac{sx-1}{sx}} + (d_i^{imp})^{\frac{1}{sx}} \cdot (IMP)^{\frac{sx-1}{sx}} \right]^{\frac{sx}{sx-1}}$$

όπου  $d_i^{xxd}$ ,  $d_i^{imp}$  είναι οι συντελεστές αναλογίας των οποίων οι τιμές έχουν υπολογιστεί με βάση τα δεδομένα της χρονιάς βάσης,  $sx$  είναι η ελαστικότητα υποκατάστασης (Armington) μεταξύ εγχωρίων και εισαγομένων προϊόντων και  $AC$  είναι ο συντελεστής αναλογίας. Η επίλυση του παραπάνω προβλήματος (ελαχιστοποίησης κόστους) οδηγεί στις παρακάτω συναρτήσεις ζήτησης για εισαγωγές και εγχωρίως παραγόμενα αγαθά:

$$XXD_i = Y_i \cdot AC_i^{sx-1} \cdot d_i^{xxd} \left[ \frac{PY_i}{PXD_i} \right]^{\frac{1}{1-s}} \quad [26]$$

$$IMP_i = Y_i \cdot AC_i^{sx-1} \cdot d_i^{imp} \left[ \frac{PY_i}{PIMP_i} \right]^{\frac{1}{1-s}} \quad [27]$$

Αντικαθιστώντας στην  $Y$  τις [26],[27] συναρτήσεις ζήτησης και επιλύοντας ως προς το κόστος του σύνθετου αγαθού προκύπτει η [28]. Η συνάρτηση αυτή δίνει το μοναδιαίο κόστος του σύνθετου αγαθού το οποίο χρησιμεύει για τον υπολογισμό της τιμής πώλησης του αγαθού στην εγχώρια αγορά.

$$PY_i = \left[ (d_i^{xxd})^s \cdot (PXD_i)^{1-s} + (d_i^{imp})^s \cdot (PIMP)^{1-s} \right]^{\frac{1}{1-s}} \quad [28]$$

Στο υπόδειγμα έχει γίνει η διάκριση των εισαγωγών σε ανταγωνιστικές (αφορούν προϊόντα που παράγονται και στην εγχώρια αγορά) και μη ανταγωνιστικές (επειδή στο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι οι κλάδοι παράγουν ένα ομοιογενές προϊόν και επομένως η διάκριση μεταξύ των διαφορετικών προϊόντων που παράγει μία επιχείρηση είναι αδύνατη υποθέτουμε ότι το μερίδιο των ανταγωνιστικών εισαγωγών στο σύνολο των εισαγόμενων προϊόντων είναι 0,5). Για τα μη εμπορεύσιμα προϊόντα δεν χρησιμοποιείται CET συνάρτηση προκειμένου να κατασκευαστεί το σύνθετο αγαθό αλλά γίνεται απευθείας άθροιση:



$$PY_{brnt} = RTXD \cdot PIMP + (1 - RTXD) \cdot PXXD \quad [29]$$

Έτσι λοιπόν καθορίζεται η ζήτηση μεταξύ εισαγωγών και εγχωρίως παραγόμενων προϊόντων. Στο επόμενο επίπεδο καθορίζεται η ζήτηση εισαγωγών ανά χώρα. Η άριστη συνάρτηση ζήτησης προκύπτει από την ελαχιστοποίηση της δαπάνης για εισαγωγές:

$$IMPO_{i,j} = b_{i,j} \cdot IMP \cdot \left( \frac{PIMP_i}{PWXO_i} \right)^{si} \quad [30]$$

### 3.6 Τιμές

Ο πίνακας κοινωνικής λογιστικής (SAM<sup>36</sup> - Social Accounting Matrix) έτους βάσης στον οποίο βασίζεται το υπόδειγμα και εκτιμώνται όλες οι παράμετροι των συναρτήσεων είναι εκφρασμένος σε τιμές αγοραστού<sup>37</sup>. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω το αγαθό που καλύπτει τόσο την τελική όσο και την ενδιάμεση χρήση είναι το σύνθετο αγαθό  $Y$  και η τιμή του προκύπτει από την εξίσωση (28). Ανάλογα με τον προορισμό του σύνθετου αγαθού προστίθενται οι επιδοτήσεις, οι έμμεσοι φόροι ή ο ΦΠΑ. Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές αγαθών ενδιάμεσης κατανάλωσης, επενδυτικών προϊόντων, μεταβολής αποθεμάτων, ιδιωτικής κατανάλωσης και δημόσιας κατανάλωσης.

$$PIO_i = (1 + tx_i^{it}) \cdot PY_i \quad [31]$$

$$PINVP_i = (1 + tx_i^{it}) \cdot PY_i \quad [32]$$

$$PST_i = (1 + tx_i^{it}) \cdot PY_i \quad [33]$$

$$PHC_i = (1 + tx_i^{it}) \cdot (1 + tx_i^{vat}) \cdot PY_i \quad [34]$$

$$PGC_i = (1 + tx_i^{it}) \cdot (1 + tx_i^{vat}) \cdot PY_i \quad [35]$$

Το μοναδιαίο κόστος επένδυσης της επιχείρησης εξαρτάται από την αναλογία των επενδυτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται για να κατασκευάσουν τον κεφαλαιουχικό

<sup>36</sup> αναλυτική περιγραφή των πινάκων αυτών δίνεται στο κεφάλαιο 4.

<sup>37</sup> Βασική τιμή συν καθαροί φόροι στην παραγωγή συν καθαροί φόροι στο προϊόν συν εμπορικά περιθώρια.

της εξοπλισμό. Η επένδυση του κάθε κλάδου μεταφράζεται σε ζήτηση για επενδυτικά προϊόντα μέσω ενός πίνακα σταθερών τεχνικών συντελεστών ( $tinrv_{i,j}$ ).

$$PINV_j = \sum_i tinrv_{i,j} \cdot PINVP_i \quad [36]$$

Αντίστοιχα η κατανάλωση ανά σκοπό μετασχηματίζεται σε ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα μέσω ενός πίνακα σταθερών τεχνικών συντελεστών ( $thcfv_{i,j}$ ).

$$PHCFV_{fn} = \sum_i thcfv_{i,fn} \cdot PHC_i \quad [37]$$

Σε περίπτωση που υπάρχουν περιβαλλοντικοί φόροι η τιμή της ενδιάμεσης κατανάλωσης, και η τιμή ιδιωτικής κατανάλωσης γίνονται αντίστοιχα:

$$PEUPR_{i,j} = PIO_i + (1 + tx_{i,j}^{en}) \quad [38]$$

$$PHCFV_{fn} = \sum_i thcfv_{i,fn} \cdot (1 + tx_{i,j}^{en}) \cdot PHC_i \quad [39]$$

### 3.7 Ο νόμος του Walras

Το σύνολο των θεσμικών συναλλαγών που περιγράφεται από τους εθνικούς λογαριασμούς περιλαμβάνεται στο πίνακα κοινωνικής λογιστικής του υποδείγματος. Οι συναλλαγές αυτές στο υπόδειγμα έχουν ενσωματωθεί υπό τη μορφή σταθερών συντελεστών και χρησιμεύουν τόσο για να καταγράψουν ρεαλιστικότερα τη ροή του εισοδήματος στο κύκλωμα της οικονομίας όσο και ως εργαλεία διαμόρφωσης πολιτικής. Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το σύνολο των συναλλαγών αυτών για κάθε έναν οικονομικό παράγοντα ( $H$ : νοικοκυριά,  $F$ : Επιχειρήσεις,  $G$ : Δημόσιος τομέας,  $W$ : Υπόλοιπος κόσμος), και προσδιορίζονται οι συνθήκες ικανοποίησης του νόμου του Walras.

Τελική κατανάλωση των οικονομικών παραγόντων ( $FC_{se}, se \in (H, F, G, W)$ ), [40]

	FC
H	$HCDTOT$
F	$0$
G	$PGC \cdot GCV$
W	$PWE \cdot EXPOT$

Πληρωμές των παραγωγικών συντελεστών ανάλογα με την ιδιοκτησία ( $FSEFA_{se,fa}, se \in (H, F, G, W), fa \in (K, L)$ ), [41].

	L	K
H	$VA_l - \sum_{se \in (F, G, W)} FSEFA_{se,fa}$	$tx_{Hk} \cdot VA_k$
F		$VA_k - \sum_{se \in (H, G, W)} FSEFA$
G		$tx_{Gk} \cdot VA_k$
W	$TRFAWV \cdot PCI$	$TRFAWV \cdot PCI$

Φορολογικά έσοδα ( $FGRB_{gvb} gvb \in (IT, SUB, DUT, VAT, ENV)$ ), [42]

	G
IT	$tx_{it_i} \cdot \left( \sum_j (PY_i \cdot IOV_{i,j}) + PY_i \cdot HCV_i + PY_i \cdot GCV_i + \sum_j (PY_i \cdot INVPV_{i,j}) + PY_i \cdot STV_i \right)$
SUB	$TXSUB \cdot PD \cdot XD$
DUT	$TXDUTO \cdot PWXO \cdot IMPO$
VAT	$TXVAT \cdot (PIO \cdot (GCV + HCV))$

Άμεσοι και έμμεσοι φόροι ( $FGRS_{grs,se} grs \in (IT, DT, SUB, SS, FO, GF, VAT, ENV)$ ), [43]

	DT	IT
H	$dth \cdot \left( \sum_{fa} FSEFA_{f,fa} + \sum_{se} FSESE_{f,se} - FC^f - FSESE_{w,f} \right)$	$TXHSS \cdot VA_L \cdot (1 - TXFSS) + TXFSS \cdot VA_L$
F	$dtf \cdot \left( \sum_{fa} FSEFA_{f,fa} + \sum_{se} FSESE_{f,se} - FC^f - FSESE_{w,f} \right)$	

Συναλλαγές μεταξύ οικονομικών παραγόντων ( $FSESE_{se,se}, se \in (H, F, G, W)$ ), [44]

	<b>H</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>W</b>
<b>H</b>	-	$div\_rt \cdot \left( \sum_{fa} FSEFA_{f^a, fa} + \sum_{se} FSESE_{f, se} - FC^f - FSESE_{w, f} \right)$	$soc\_ben \cdot pop \cdot PCI$	
<b>F</b>	$tx_{fhss} \cdot VA_L \cdot (1 - tx_{fss})$	-		
<b>G</b>	$FGRS$	$FGRS$	-	
<b>W</b>	$trHwv \cdot PCI$	$trFwv \cdot PCI$	$trGwv \cdot PCI$	-

Τα έσοδα του κράτους προκύπτουν από την έμμεση και άμεση φορολογία και τους δασμούς. Τα έξοδα του κράτους προέρχονται από τις επιδοτήσεις τις δημόσιες δαπάνες και επενδύσεις καθώς και από τις κοινωνικές παροχές σε νοικοκυριά. Το εισόδημα των καταναλωτών προέρχεται από την προσφορά εργασίας, τα εισοδήματα από τις επιχειρήσεις (πχ μερίσματα) , τις μεταβιβαστικές πληρωμές από το κράτος (κοινωνικά επιδόματα), ενώ τα έξοδα αφορούν στην καταναλωτική δαπάνη, τις επενδύσεις των νοικοκυριών και στην πληρωμή φόρων.

Αποταμίευση [45]

	<b>Save</b>
<b>H</b>	$YDISP - HCDTOT$
<b>F</b>	$FSEFA + FSESE - FC - FSESE$
<b>G</b>	$FGRB + FSEFA + FSESE - FC - FSESE$
<b>W</b>	$PWXO \cdot IMPO + FSEFA + FSESE - FC - FFASE - FSESE$

Επενδύσεις [46]

	<b>Inv</b>
<b>H</b>	$TCINVH \cdot PINV \cdot INVV$
<b>F</b>	$TCINVF \cdot PINV \cdot INVV$
<b>G</b>	$TCINVG \cdot PINV \cdot INVV$
<b>W</b>	-

Το πλεόνασμα ή έλλειμμα του κάθε οικονομικού παράγοντα προκύπτει από την εξίσωση []

$$SURPL_{se} = SAVE_{se} - INV_{se} \quad [46]$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι ο νόμος του Walras  $SURPL_{se} (\sum_{se} SURPL = 0)$  ισχύει.

### 3.8 Ισορροπία των αγορών

Στο GEM-E3 η ισορροπία των αγορών κεφαλαίου, εργασίας και προϊόντος επιτυγχάνονται ταυτόχρονα. Στη βασική έκδοση του υποδείγματος υποθέτουμε πλήρη εξάντληση των πόρων σε όλες τις αγορές.

Η ισορροπία στην αγορά προϊόντος περιγράφεται από τις εξισώσεις [47] και [48]. Η [49] περιγράφει ότι η συνολική παραγωγή των κλάδων εξαντλείται από την εγχώρια κατανάλωση και τη ζήτηση εξαγωγών ενώ από την [48] προκύπτει ότι η συνολική προσφορά του προϊόντος (εγχωρίως παραγόμενο και εισαγόμενο) εξαντλείται στην κατανάλωση ενδιάμεσων προϊόντων, ιδιωτική κατανάλωση, δημόσια κατανάλωση και υλοποίηση των επενδύσεων.

$$XD_{br} = \mathbf{X} \mathbf{X} \mathbf{D}_{br} + EXPOT_{br} \quad [47]$$

$$Y_{pr} = \sum_{br} IOV_{pr,br} + HC_{pr} + GCV_{pr} + INVP_{i_{pr}} \quad [48]$$

Η συνολική προσφορά εργασίας καθορίζεται εξωγενώς και προκύπτει από δημογραφικές μελέτες που αφορούν στην εξέλιξη του ενεργού εργατικού δυναμικού. Συγκεκριμένα η μεταβολή του ανθρώπινου δυναμικού ανά περίοδο προκύπτει από προβλέψεις του διεθνούς οργανισμού εργασίας ILO και των Ηνωμένων Εθνών (UN). Επίσης υποθέτουμε ότι υπάρχει πλήρης κινητικότητα εργασίας μεταξύ των διαφορετικών παραγωγικών δραστηριοτήτων (ενιαίος μισθός στο σύνολο της οικονομίας) αλλά όχι μεταξύ διαφορετικών περιοχών. Έτσι από την εξίσωση προκύπτει ο ενιαίος μισθός ως δυική τιμή.

$$\sum_{br} LAV_{br} = pop \quad [49]$$

Το κεφαλαιουχικό απόθεμα την περίοδο  $t$  θεωρείται δεδομένο και προκύπτει από την εξίσωση δυναμικής προσαρμογής του κεφαλαίου [22]. Στο υπόδειγμα υπάρχουν τρεις επιλογές όσο αφορά στην κινητικότητα του κεφαλαίου: i) εξειδικευμένο κεφάλαιο ανά κλάδο – μη κινητικότητα, ii) κεφάλαιο δύναται να μετακινηθεί σε οποιονδήποτε κλάδο εντός της οικονομίας και iii) πλήρης διεθνής μετακίνηση κεφαλαίων. Ανάλογα με την επιλογή της υπόθεσης κινητικότητας κεφαλαίου εισάγεται και η αντίστοιχη συνθήκη

[50],[51],[52] από όπου και προκύπτει και η αντίστοιχη δυική τιμή του κεφαλαίου  $PK_{pr,region,t}$ ,  $PKNOKM_{pr}$ ,  $PKEUKM$ .

$$KAV_{pr,region,t} = KAVC_{pr,region,t-1} \quad [50]$$

$$\sum_{pr} KAV_{pr,region,t} = \sum_{pr} KAVC_{pr,region,t-1} \quad [51]$$

$$\sum_{region} \sum_{pr} KAV_{pr,region,t} = \sum_{region} \sum_{pr} KAVC_{pr,region,t-1} \quad [52]$$

### 3.9 Αέρια του θερμοκηπίου και περιβαλλοντικοί ρύποι

Το βασικό υπόδειγμα υπολογίζει τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων ( $CO_2$ ,  $SO_2$  και  $NOx$ ) όπως αυτές παράγονται κατά την παραγωγική διαδικασία αλλά και από τα νοικοκυριά με βάση τεχνικούς συντελεστές που σχετίζονται με τη χρήση της ενέργειας.

Για την προσομοίωση σεναρίων κλιματικής αλλαγής ο χρήστης του υποδείγματος έχει δύο επιλογές, είτε να εισαγάγει έναν ενεργειακό/περιβαλλοντικό φόρο είτε, υπό τη μορφή περιορισμού, να προσδιορίσει το ανώτατο επιτρεπτό επίπεδο εκπομπών της οικονομίας. Αν αυτός ο περιορισμός είναι περιοριστικός τότε θα προκύψει μία θετική δυική τιμή η οποία στην ισορροπία θα ισούται με το οριακό κόστος της μείωσης των εκπομπών. Αυτό το κόστος προστίθεται στο κόστος παραγωγής του οικονομικού παράγοντα που είναι υπεύθυνος για την εκπομπή των ρύπων. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα τα δικαιώματα εκπομπών να διανεμηθούν είτε μέσω δημοπρασίας (auctioning), είτε δωρεάν (σύμφωνα με τις ιστορικές εκπομπές ρύπων (grand fathering)). Το υπόδειγμα ενσωματώνει την αγορά εμπορεύσιμων δικαιωμάτων εκπομπών και λόγω της λεπτομερούς περιγραφής των θεσμικών συναλλαγών προσφέρει αρκετές επιλογές για την χρήση του εισοδήματος που προέρχεται από την πώληση των δικαιωμάτων αυτών.

Σε περίπτωση που τα δικαιώματα εκπομπών έχουν δημοπρατηθεί από το κράτος τα έσοδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την μείωση των ασφαλιστικών εισφορών των επιχειρήσεων και των νοικοκυριών είτε για την αύξηση των κοινωνικών επιδομάτων, είτε για την μείωση του δημόσιου χρέους.

Σε περίπτωση που τα δικαιώματα έχουν κατανεμηθεί στις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά σύμφωνα με την αρχή του *grand-fathering* και έχει ενεργοποιηθεί ο μηχανισμός εμπορίας εκπομπών τότε τα έσοδα μπορούν είτε να κατευθυνθούν στην αμοιβή του κεφαλαίου (επανεπένδυση) είτε να καταβληθούν ως μέρισμα στα νοικοκυριά.

Οι επιπτώσεις από τους εναλλακτικούς τρόπους διανομής των δικαιωμάτων εκπομπών αλλά και από τις εναλλακτικές κατανομές τους τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και σε επίπεδο θεσμικού τομέα αποτελούν κύριο αντικείμενο μελέτης της διατριβής αυτής και εξετάζονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 6.

### 3.10 Μέτρο ευημερίας

Η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων ενός σεναρίου πολιτικής στο ΑΕΠ, στο εμπόριο, στην παραγωγή, και στις σχετικές τιμές γίνεται με τον υπολογισμό της ποσοστιαίας μεταβολής τους από το σενάριο αναφοράς<sup>38</sup>. Το ίδιο δεν μπορεί όμως να γίνει και για την ευημερία των νοικοκυριών όπου οι συναρτήσεις χρησιμότητας αποτελούν διατακτικά (*ordinal*) μεγέθη και δεν είναι δυνατή ούτε η άθροιση τους (μεταξύ διαφορετικών νοικοκυριών/χωρών) ούτε και ο υπολογισμός της μεταβολής τους από το σενάριο αναφοράς. Η προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί από τα περισσότερα εφαρμοσμένα υποδείγματα γενικής ισορροπίας είναι η χρήση της νομισματικής συνάρτησης χρησιμότητας η οποία μετρά το ονομαστικό εισόδημα που χρειάζεται ο καταναλωτής για ένα δεδομένο διάνυσμα τιμών προκειμένου να είναι στο ίδιο επίπεδο ευημερίας με ένα διαφορετικό επίπεδο εισοδήματος και διανύσματος τιμών. Με αυτό το μέτρο είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις στην ευημερία από διαφορετικά σενάρια πολιτικής.

Το συγκεκριμένο μέτρο που χρησιμοποιείται στο υπόδειγμα είναι αυτό της ισοδύναμης μεταβολής της ευημερίας που δίνεται από την σχέση [53] (Robichaud, 2001). Το μέτρο αυτό δείχνει το εισόδημα που πρέπει να καταβληθεί/αφαιρεθεί από τον καταναλωτή προκειμένου να επανέλθει στα ίδια επίπεδα ευημερίας που βρισκόταν με τις τιμές του

---

<sup>38</sup> Σενάριο αναφοράς είναι το σενάριο εκείνο στο οποίο οι οικονομίες των χωρών αναπτύσσονται με βάση τα έως σήμερα γνωστά δεδομένα σχετικά με την τεχνική πρόοδο, τις προβλέψεις για την αύξηση του πληθυσμού και τις πολιτικές που έχουν ήδη υιοθετηθεί ή αποφασισθεί ότι θα επιβληθούν κάποια στιγμή στο μέλλον. Οι υποθέσεις για το σενάριο αναφοράς του **GEM-E3** περιγράφονται στο κεφ. 5.6.

σεναρίου αναφοράς. Μια θετική τιμή του μέτρου αυτού συνεπάγεται μια θετική μεταβολή στην ευημερία του καταναλωτή.

Προκειμένου να υπολογίσουμε την συνάρτηση έμμεσης χρησιμότητας ( $IU$ ) αντικαθιστούμε τις (14), (15), συναρτήσεις ζήτησης στην συνάρτηση χρησιμότητας.

$$IU = YDISP - \sum_i \gamma_i \cdot P_i \cdot \prod_i \left(\frac{b_i}{P_i}\right)^{b_i}$$

Ο ορισμός της ισοδύναμης μεταβολής:

$$EV = IU(P_i^0, v(P_i^1, Y_i^0)) - IU(P_i^0, v(P_i^0, Y_i^0))$$

ή ισοδύναμα

$$EV = \left(\frac{IU^n - IU^0}{IU^0}\right) \cdot YISDP^0$$

Έτσι η ακριβής έκφραση που χρησιμοποιείται στο υπόδειγμα είναι:

$$EV = \prod_i \left(\frac{P_i^0}{P_i^1}\right) \cdot \left(YDISP^1 - \sum_i \gamma_i \cdot P_i^1\right) - \left(YDISP^0 - \sum_i \gamma_i \cdot P_i^0\right) \quad [53]$$

### 3.11 Κανόνες κλεισίματος του υποδείγματος και Numairere

Το μάκρο-οικονομικό κλείσιμο του υποδείγματος γίνεται μέσω του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών<sup>39</sup>. Το υπόδειγμα είναι γραμμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατόν το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών είτε να παραμένει ελεύθερο [55] είτε να είναι σταθερό [54] (δυσική τιμή το επιτόκιο δανεισμού) και έτσι να προσδιορίζεται ενδογενώς το επιτόκιο δανεισμού της χώρας/περιοχής.

$$SURPL_w = \overline{SURPL_w} \quad [54]$$

<sup>39</sup> Η απόδειξη της ισορροπίας αποταμίευσης επενδύσεων βρίσκεται στο παράρτημα του κεφαλαίου.



$$SURPL_w = free \quad [55]$$

Ως numeraire για την Ευρωπαϊκή έκδοση<sup>40</sup> του υποδείγματος έχει επιλεγθεί η συναλλαγματική ισοτιμία της ΕΕ με τον υπόλοιπο κόσμο. Από τον ορισμό του numeraire αυτό σημαίνει ότι η μεταβολή της συναλλαγματικής ισοτιμίας μεταβάλλει ανάλογα τις τιμές ισορροπίας του υποδείγματος ενώ δεν επηρεάζει καθόλου τις ποσότητες ισορροπίας.

Στο παγκόσμιο υπόδειγμα το numeraire προκύπτει από την ποσοτική θεωρία του χρήματος.  $M \cdot V = P \cdot Q$  όπου  $M$  είναι το χρήμα,  $V$  η ταχύτητα κυκλοφορίας,  $P$  το επίπεδο τιμών και  $Q$  η συνολική δαπάνη.

Συγκεκριμένα η εξίσωση [56] περιγράφει τις συνολικές δαπάνες σε συντελεστές παραγωγής ως συνάρτηση της προστιθέμενης αξίας στο έτος βάσης επί το ανάλογο της ταχύτητας κυκλοφορίας του χρήματος num.

$$\begin{aligned} \sum_{region} \sum_{pr} (PK_{pr,region} \cdot KAV_{pr,region} + PL_{pr,region} \cdot LAV_{pr,region}) = & [56] \\ \sum_{region} \sum_{pr} (\overline{PK}_{pr,region} \cdot \overline{KAV}_{pr,region} + \overline{PL}_{pr,region} \cdot \overline{LAV}_{pr,region}) \cdot Num & \end{aligned}$$

### 3.12 Ελαστικότητες

Έως τώρα έχουν αναφερθεί όλοι οι τύποι συναρτησιακών σχέσεων που χρησιμοποιούνται στο υπόδειγμα. Οι παράμετροι των σχέσεων αυτών εκτιμώνται με την μέθοδο calibration (παρατίθεται στο παράρτημα). Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται όλες οι ελαστικότητες που έχουν χρησιμοποιηθεί στο υπόδειγμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ελαστικότητες αυτές έχουν προκύψει από τη σχετική βιβλιογραφία και έχουν προσαρμοστεί στην κλαδική λεπτομέρεια του υποδείγματος.

Στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας που μελετούν ενεργειακές και περιβαλλοντικές πολιτικές είναι σημαντικό στην συνάρτηση παραγωγής να γίνεται διάκριση όχι μόνο μεταξύ κεφαλαίου, εργασίας, μη ενεργειακών ενδιάμεσων εισροών και ενέργειας αλλά και μεταξύ ορυκτών, μη ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρισμού. Στο υπόδειγμα GEM-E3 η παραγωγή είναι

---

<sup>40</sup> Οι διαφορετικές εκδόσεις του υποδείγματος **GEM-E3** που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της διατριβής περιγράφονται στο κεφάλαιο 0.

συνάρτηση του κεφαλαίου, της εργασίας, των καυσίμων, του ηλεκτρισμού και των υπόλοιπων αγαθών και υπηρεσιών  $XD = f(K, L, F, EI, M)$ . Η χρήση της συναρτησιακής μορφής που έχει επιλεχθεί είναι η C.E.S. Το βασικό μειονέκτημα της συνάρτησης αυτής είναι ότι οι άμεσες ελαστικότητες υποκατάστασης μεταξύ οποιοδήποτε ζευγαριού συντελεστών παραγωγής είναι οι ίδιες. Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτή αδυναμία το GEM-E3 έχει υιοθετήσει μία ιεραρχική δομή της CES όπου οι ελαστικότητες υποκατάστασης μπορούν να διαφέρουν ανά επίπεδο (Σχήμα 3-2).

**Πίνακας 3-1: Ελαστικότητες υποκατάστασης συντελεστών παραγωγής**

	$\sigma_{k,lem}$	$\sigma_{ele,lmo}$	$\sigma_{lav,ma,en}$	$\sigma_{ma}$	$\sigma_{en}$
Αγροτικός τομέας	0,3	0,2	0,5	0,2	0,6
Άνθρακας	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1
Πετρέλαιο	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1
Φυσικό αέριο	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1
Ηλεκτρισμός	0,3	0,2	0,5	0,6	0,9
Βιομηχανία μετάλλων	0,4	0,2	0,5	0,5	0,9
Χημικά προϊόντα	0,4	0,2	0,5	0,5	0,9
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	0,4	0,2	0,5	0,5	0,9
Ηλεκτρικά αγαθά	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Εξοπλισμός μεταφορών	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Λοιπός μηχ/κος εξοπλισμός	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Βιομηχανία καταναλωτικών αγαθών	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Κατασκευές	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Τηλεπικοινωνίες	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Υπηρεσίες μεταφορών	0,4	0,2	0,5	0,3	0,6
Χρηματοπιστωτικές και ασφ/κες υπηρ.	0,3	0,2	0,5	0,3	0,6
Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	0,3	0,2	0,5	0,3	0,6
Μη αγοραίες υπηρεσίες	0,3	0,2	0,5	0,3	0,6

Στο GEM-E3 οι συναρτήσεις ζήτησης των νοικοκυριών προκύπτουν από την μεγιστοποίηση μιας ELES συνάρτησης χρησιμότητας. Αυτός ο τρόπος αναπαράστασης της κατανάλωσης των νοικοκυριών επιτρέπει τη χρήση διαφοροποιημένων ελαστικότητων μεταξύ των διαφορετικών αγαθών. Στο GEM-E3 οι ελαστικότητες εισοδήματος στην κατανάλωση των νοικοκυριών (Πίνακας 3-2) βρίσκονται κοντά στη μονάδα (με τα βασικά αγαθά να έχουν μικρότερη ελαστικότητα). Παρόμοιες ελαστικότητες για συναρτήσεις χρησιμότητας ELES χρησιμοποιούνται τόσο από το GTAP όσο και από τους *Konrad-Löschel* (2002). Σε άλλα

υποδείγματα χρησιμοποιούνται ελαφρώς διαφοροποιημένες ελαστικότητες (*Pizer et al.*: 1.1, *Petersen* (1997) 0.85, *Blake*(2000) 0.5 για την Ισπανία).

**Πίνακας 3-2: Ελαστικότητες εισοδήματος**

	$\sigma_{fn}$
Τρόφιμα, αναψυκτικά και καπνός	<b>0,78</b>
Ρουχισμός	<b>0,6</b>
Σπίτια και Νερό	<b>1</b>
Καύσιμα και ηλεκτρισμός	<b>0,9</b>
Έπιπλα οικιακής χρήσης	<b>0,4</b>
Συσκευές θέρμανσης, ψύξης, μαγειρέματος	<b>0,7</b>
Υπηρεσίες υγείας και ιατρικής περίθαλψης	<b>0,74</b>
Αγορά οχημάτων μεταφοράς	<b>0,4</b>
Χρήση οχημάτων μεταφοράς	<b>1,2</b>
Μέσα μαζικής μεταφοράς	<b>1,1</b>
Υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών	<b>1,1</b>
Υπηρεσίες αναψυχής, πολιτισμού κλπ.	<b>1,35</b>
Λοιπές υπηρεσίες	<b>1,35</b>

Οι ελαστικότητες εμπορίου (*Armington*) αφορούν στην υποκατάσταση μεταξύ εγχώριας παραγωγής και εισαγόμενων προϊόντων  $\sigma_{d,m}$  και στην υποκατάσταση εισαγόμενων αγαθών από διαφορετικές χώρες  $\sigma_m$ .

**Πίνακας 3-3: Ελαστικότητες υποκατάστασης στο εμπόριο**

	$\sigma_{d,m}$	$\sigma_m$
Αγροτικός τομέας	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>
Άνθρακας	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
Πετρέλαιο	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Φυσικό αέριο	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Ηλεκτρισμός	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Βιομηχανία μετάλλων	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Χημικά προϊόντα	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Ηλεκτρικά αγαθά.	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Εξοπλισμός μεταφορών	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Λοιπός μηχ/κος εξοπλισμός	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
Βιομηχανία κατ/κων αγαθών	<b>1,7</b>	<b>2,8</b>
Κατασκευές	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>
Τηλεπικοινωνίες	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>
Υπηρεσίες μεταφορών	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>
Χρηματοπιστωτικές και ασφ/κες υπηρ.	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>
Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>
Μη αγοραίες υπηρεσίες.	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3*

**Π.3. 1: Συναρτήσεις παραγωγής CES, συναρτήσεις ζήτησης με ενσωματωμένη τεχνική πρόοδο και προσαρμογή στο έτος βάσης**

Η αντικειμενική συνάρτηση της επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους υπό τον περιορισμό της συνάρτησης παραγωγής. Η επίλυση του προβλήματος θα γίνει για ένα επίπεδο λήψης απόφασης μεταξύ κεφαλαίου και εργασίας (η επίλυση για πολλαπλά επίπεδα είναι παρόμοια). Η συνάρτηση παραγωγής είναι τύπου CES εκφρασμένη σε μερίδια αξίας (value shares). Η συνολική τεχνική πρόοδος καθώς και η τεχνική πρόοδος της εργασίας, του κεφαλαίου, των υλικών και της ενέργειας συμπεριλαμβάνονται στην συνάρτηση παραγωγής αλλά προσδιορίζονται εξωγενώς. Η ελαστικότητα υποκατάστασης είναι:  $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ .

$$\max \Pi = P \cdot Q - PK \cdot K - PL \cdot L$$

$$\text{s.t } Q = A \cdot \left( TGK \cdot d \cdot \left( \frac{K}{\bar{K}} \right)^\rho + b \cdot \left( \frac{L}{\bar{L}} \right)^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}}, d + b = 1, 0 < d, b < 1, A \in R$$

ορίζω την συνάρτηση Lagrange:

$$\mathfrak{S} = P \cdot A \cdot \left( TGK \cdot d \cdot \left( \frac{K}{\bar{K}} \right)^\rho + dL \cdot \left( \frac{L}{\bar{L}} \right)^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}} - PK \cdot K - PL \cdot L$$

οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{d\mathfrak{S}}{dK} = P \cdot A \cdot \frac{1}{\rho} \cdot (\dots)^{\frac{1-\rho}{\rho}} \cdot d \cdot \rho \cdot K^{\rho-1} - PK = 0 \quad [1]$$

$$\frac{d\mathfrak{S}}{dL} = P \cdot A \cdot \frac{1}{\rho} \cdot (\dots)^{\frac{1-\rho}{\rho}} \cdot b \cdot \rho \cdot L^{\rho-1} - PL = 0 \quad [2]$$

Αντικαθιστώ στην [1] και [2] το  $A \cdot (\dots)^{\frac{1-\rho}{\rho}} = A^\rho \cdot Q^{1-\rho}$  και προκύπτουν οι συναρτήσεις άριστης ζήτησης κεφαλαίου και εργασίας:

$$\frac{K}{\bar{K}} = A^{-\rho} \cdot a^\sigma \cdot TGK^\sigma \cdot Q \cdot \left( \frac{P}{PK} \right)^\sigma \quad [1]$$

$$\frac{L}{\bar{L}} = A^{-\rho} \cdot a^\sigma \cdot TGK^\sigma \cdot Q \cdot \left( \frac{P}{PK} \right)^\sigma \quad [2]$$

Τα μερίδια  $dkav$  και  $dl$  αποτελούν τα μερίδια του κεφαλαίου και εργασίας στην συνολική αξία της παραγωγής και περιγράφονται:

$$dkav = \frac{PK \cdot KAV}{PK \cdot KAV + PL \cdot L}, dl = \frac{PL \cdot L}{PK \cdot KAV + PL \cdot L}$$

### Π.3. 2: Συνάρτηση χρησιμότητας LES και προσαρμογή στο έτος βάσης

Η συνάρτηση Stone-Geary έχει χρησιμοποιηθεί ως συνάρτηση χρησιμότητας του καταναλωτή. Η συνάρτηση αυτή είναι στην ουσία μια συνάρτηση τύπου Cobb-Douglas η οποία περιλαμβάνει την ποσότητα κατανάλωσης, τον ελεύθερο χρόνο, την ελάχιστη ποσότητα κατανάλωσης (ποσότητα διαβίωσης) και την ελάχιστη ποσότητα ελεύθερου χρόνου (π.χ. ανάπαυση). Το πρόβλημα του καταναλωτή αφορά στην μεγιστοποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας υπό τον εισοδηματικό του περιορισμό:

$$\max_{CV, LJV} U(CV, LJV) = (\beta_H \cdot \ln(CV - CH) + \beta_L \cdot \ln(LJV - CL))$$

$$\text{s. t. } I = P^{cv} \cdot CV + P^{ljv} \cdot LJV$$

ορίζω την συνάρτηση Lagrange:

$$\mathfrak{L} = (\beta_H \cdot \ln(CV - CH) + \beta_L \cdot \ln(LJV - CL)) - \lambda \cdot (I - P^{cv} \cdot CV - P^{ljv} \cdot LJV)$$

$$\frac{d\mathfrak{L}}{dCV} = \frac{\beta_H}{CV - CH} - P^{cv} \cdot \lambda = 0 \quad [1]$$

$$\frac{d\mathfrak{L}}{dLJV} = \frac{\beta_L}{LJV - CL} - P^{ljv} \cdot \lambda = 0 \quad [2]$$

$$\frac{d\mathfrak{L}}{d\lambda} = I - P^{cv} \cdot CV - P^{ljv} \cdot LJV \quad [3]$$

Από τις πρώτες δύο συνθήκες προκύπτει:

$$CV = \frac{P^{ljv}}{P^{cv}} \cdot \frac{\beta_H}{\beta_L} \cdot (LJV - CL) + CH \quad [4]$$

$$LJV = \frac{P^{cv}}{P^{ljv}} \cdot \frac{\beta_L}{\beta_H} \cdot (CV - CH) + CL \quad [5]$$

Με αντικατάσταση τους στην [3] προκύπτει:

$$I - P^{ljv} \cdot CL = P^{cv} \cdot CV + \frac{P^{cv} \cdot CV}{\beta_H} + \frac{P^{cv} \cdot CH}{\beta_H} \quad [6]$$

Με πολλαπλασιασμό και των δύο μελών με  $\frac{CH}{P^{cv}}$  και λύση ως προς  $CV$  και  $LJV$

$$CV^* = CH + \frac{\beta_H}{P^{cv}} \cdot (I - P^{cv} \cdot CH + P^{ljv} \cdot CL) \quad [7]$$

$$LJV^* = CL + \frac{\beta_L}{P^{ljv}} \cdot (I - P^{cv} \cdot CH + P^{ljv} \cdot CL) \quad [8]$$

Από τον πίνακα εισροών εκροών γνωστή είναι η αξία της κατανάλωσης  $VHC_i$ . Αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχουν φόροι και χρησιμοποιώντας την σύμβαση Harberger προκύπτει ότι  $P_i^{cv} = 1, CV_i = \frac{VHC_i}{P_i^{cv}}$ . Τα μέσα μερίδια κατανάλωσης (average budget shares)

προκύπτουν από  $ABS_i = \frac{P_i^{cv} \cdot CV_i}{\sum_j P_j^{cv} \cdot CV_j}$ . Προκειμένου να υπολογιστούν τα μερίδια οριακής

δαπάνης  $\beta_H$  χρησιμοποιούμε την ελαστικότητα εισοδήματος  $\varepsilon_m = \frac{\frac{dCV}{CV}}{\frac{dI}{I}} = \frac{dCV}{dI} \cdot \frac{I}{CV_i} = \frac{\beta_H}{P_i^{cv}}$ .

$$\frac{I}{CV_i} = \beta_H \cdot \frac{I}{P_i^{cv} \cdot CV_i} = \beta_H \cdot (ABS_i)^{-1}, \text{ άρα } \beta_H = \varepsilon_m \cdot ABS_i.$$

Από την άθροιση Engel προκύπτει ότι το άθροισμα των ελαστικοτήτων εισοδήματος σταθμισμένο από τα μερίδια κατανάλωσης ισούται με τη μονάδα. Αυτό προκύπτει εύκολα εάν παραγωγίσουμε τον εισοδηματικό περιορισμό ως προς το εισόδημα  $\sum_i P_i \cdot X_i = I \rightarrow$

$$1 = \sum_i P_i \cdot \frac{X_i}{I} \cdot \frac{dX_i}{dI} \cdot \frac{I}{X_i} \rightarrow 1 = \varepsilon_m \cdot ABS_i. \text{ Επομένως το άθροισμα των μεριδίων οριακής}$$

δαπάνης  $\beta_i$  ισούται πάντα με ένα. Για να υπολογιστεί η ελάχιστη δαπάνη διαβίωσης αντικαθιστούμε στην σχέση ελαστικότητας εισοδήματος την συνάρτηση χρησιμότητας και

$$\text{προκύπτει } \varepsilon_m = CH_i \cdot \Phi^{-1} \cdot \beta_i \cdot I \cdot P_i^{-1} \text{ όπου } \Phi = -\frac{I}{\sum_j P_j \cdot CH_j}.$$

Η παράμετρος frisch  $\Phi$  συμβολίζει την οριακή ωφέλεια του εισοδήματος ως προς το εισόδημα. Για τις χαμηλότερες εισοδηματικές τάξεις η παράμετρος αυτή έχει εκτιμηθεί ότι παίρνει τιμές κοντά στο -4. Για την Ε.Ε. οι τιμές της παραμέτρου αυτής είναι -2.



### Π.3. 3: Μακροοικονομική προσαρμογή του υποδείγματος

Για την απόδειξη του μακροοικονομικού κλεισίματος του υποδείγματος χρησιμοποιούμε μία συνοπτική περιγραφή του GEM-E3. Τα ονόματα των μεταβλητών και παραμέτρων είναι αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί στο παρόν κεφάλαιο, οι δείκτες h,f,g,w αναφέρονται αντιστοίχως στα νοικοκυριά, τις επιχειρήσεις, το κράτος και τον υπόλοιπο κόσμο.

#### Παραγωγή

$$PDBSR = CES(P^K, P^L) \quad [1]$$

$$\overline{LAV} \geq LAV^* \quad [2]$$

$$\overline{KAVC} \geq KAV^* \quad [3]$$

#### Εισόδημα - Κατανάλωση -Αποταμίευση-Επενδύσεις

$$YDISP^h = P^L \cdot LAV + div^h \cdot P^K \cdot KAV \quad [4]$$

$$YDISP^g = Taxes + div^g \cdot P^K \cdot KAV \quad [5]$$

$$YDISP^f = div^f \cdot P^K \cdot KAV \quad [6]$$

$$YDISP^{RoW} = P^m \cdot IMPO \quad [7]$$

$$C^h = LES(Y^h, P^c) \quad [8]$$

$$C^g = \overline{C^g} \quad [9]$$

$$S^h = YDISP^h - P^c \cdot C^h \quad [10]$$

$$S^g = YDISP^g - P^c \cdot C^g \quad [11]$$

$$S^f = YDISP^f \quad [12]$$

$$S^{RoW} = YDISP^{RoW} - P^e \cdot EXPOT \quad [13]$$

$$INVP = \overline{INVP} \quad [14]$$

#### Εμπόριο

$$Y = XXD + IMPO = HC + INVP \quad [15]$$

$$PY = CES(P^D, P^M) \quad [16]$$

$$XXD = XXD^* \quad [17]$$

$$IMPO = IMPO^* \quad [18]$$

#### Τιμές

$$P^M = P \quad [19]$$

$$P^E = P \quad [20]$$

$$P^I = PY \quad [21]$$

$$P^D = P \quad [22]$$

$$P^C = PY \quad [23]$$

$$P^G = PY \quad [24]$$

Ισορροπία

$$XD = XXD + EXPOT \quad [25]$$

Ισορροπία αποταμίευσης - επένδυσης

$$SAVE = P \cdot INVP \quad [26]$$

$$S^h + S^g + S^g + S^{RoW} - P^I \cdot INVP = 0 \quad [27]$$

$$YDISP^h - P^c \cdot C^h + YDISP^g - P^c \cdot C^g + YDISP^f + YDISP^{RoW} - P^e \cdot E - P \cdot \quad [28]$$

$$INVP = 0$$

$$YDISP^h - PY \cdot C^h + YDISP^g - PY \cdot C^g + YDISP^f + YDISP^{RoW} - P^e \cdot E - PY \cdot I = \quad [29]$$

**0**

$$\text{όπου } Y = C^h + C^g + I$$

$$YDISP^h + YDISP^g + YDISP^f - PA \cdot A + YDISP^{RoW} - P^e \cdot EXPOT = 0 \quad [30]$$

$$\text{όπου } YDISP^{RoW} - P^e \cdot EXPOT = S^{RoW} \text{ and } P \cdot Q = YDISP^h + YDISP^g + YDISP^f$$

$$P \cdot XD - PY \cdot Y + S^{RoW} = 0$$

Αντικαθιστώντας τις [25],[15] στην [31] προκύπτει

$$P \cdot XD + P \cdot EPOT - P \cdot XD - P \cdot IMPO + S^{RoW} = 0$$

Μακροοικονομικό κλείσιμο - GEM-E3.

$$S^{RoW} = P \cdot IMPO - P \cdot EXPOT$$

Η εξίσωση [26] πλεονάζει ( [13] ) και δεν είναι απαραίτητο να εισαχθεί στο υπόδειγμα.

### *ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3*

1. Arrow K.J. and G. Debreu (1954): "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy", *Econometrica*, 22, pp. 265-290.
2. Armington, Paul S., 1969. "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production" *IMF Staff Papers*, v16, n1, pp. 159-176.
3. Blake, A. (2000), "The economic effects of tourism in Spain", manuscript.
4. Ando A., F. Modigliani, R. Rasche and S. Turnofsky (1974): "On the role of expectations of price and technological change in investment function", *International Economic Review*, Vol. 15, No 2, June, pp. 384-414.
5. Conrad K. and M. Schroeder (1991): "Demand for durable and nondurable goods, environmental policy and consumer welfare", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 6, pp. 271-286.
6. Capros P., T.Georgakopoulos, S. Zografakis, S. Proost, D. Van Regemorter, K. Conrad, T. Schmidt, and Y. Smeers (1996): "Double Dividend Analysis: First results of a general equilibrium model linking the EU-12 countries", in C. Carraro and D. Siniscalco (editors) "Environmental Fiscal Reform and Unemployment", Kluwer Academic Publishers.
7. Capros P., The GEM-E3 model
8. Lluch C. (1973): "The Extended Linear Expenditure System", *European Economic Review*, 4, pp. 21-31.
9. Γεωργακόπουλος Π. (1998): "Μελέτη αλληλεπιδράσεων ενέργειας και οικονομίας με μαθηματικό μοντέλο γενικής ισορροπίας" Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος.
10. The PATH Solver: A Non-Monotone Stabilization Scheme for Mixed Complementarity Problems (1995) by Steven P. Dirkse, Michael C. Ferris *optimization Methods and Software* .
11. K.J. Arrow, H.B. Chenery, B.S. Minhas, and R.M. Solow, (1961), 'Capital-labor substitution and economic efficiency', *Review of Economics and Statistics* 43, pp. 225-250.

12. Klaus Conrad & Andreas Löschel, (2005). "Recycling of eco-taxes, labor market Effects and the true cost of labor - A CGE analysis," *Journal of Applied Economics*, Universidad del CEMA, vol. 0, pages 259-278
13. Petersen, T. W. (1997): *An Introduction to CGE-Modelling and an Illustrative Application to Eastern European Integration with the EU*. Working paper.
14. Pizer, W. – Burtraw, D. – Harrington, W. – Newell, R. – Sanchirico, J. (2005): *Modeling Economy-wide versus Sectoral Climate Policies Using Combined Aggregate-Sectoral Models*. Resources for the Future, Discussion Paper 05-08
15. Robichaud V. (2001) *Calculating Equivalent and Compensating Variations in CGE Models*.
16. Stone, J.R.N. 1954. "Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand." *Economic Journal* 54: 511–527.
17. Tobin, J., 1969. A general equilibrium approach to monetary theory. *Journal of Money, Credit and Banking* 1 (1), 15–29.
18. Jorgenson, D.W., 1963. Capital theory and investment behavior. *American Economic Review* 53 (2), 247–249
19. Hayashi F., (1982), "Tobin's Marginal  $q$  and Average  $q$ : A Neoclassical Interpretation," *Econometrica*, Vol. 50, No. 1, pp. 213-224
20. *Calculating Equivalent and Compensating Variations in CGE Models*, by Véronique Robichaud (2001) in *Modeling and Policy Impact Analysis (MPIA): Training material*.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## 4 Ο πίνακας κοινωνικής λογιστικής του GEM-E3

Ο πίνακας εισροών εκροών του Leontief αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια περιγραφής των δομικών σχέσεων αλλά και των σχέσεων αλληλεξάρτησης μεταξύ των οικονομικών παραγόντων ενός οικονομικού συστήματος. Η ανάγκη όμως για την σύνθεση τόσο της οικονομικής όσο και της κοινωνικής διάστασης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφορετικών οικονομικών παραγόντων αποτέλεσε την αιτία για την επέκταση του πίνακα του Leontief και την κατασκευή των πινάκων κοινωνικής λογιστικής (Social Accounting Matrix - SAM). Οι πίνακες αυτοί αποτελούν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο ενσωματώνει αναλυτικά δεδομένα που αφορούν στον τρόπο και το ύψος της παραγωγής, στην διαμόρφωση του εισοδήματος και των δαπανών επιτρέποντας έτσι την συστηματική καταγραφή των οικονομικών συναλλαγών για την μελέτη της ανάπτυξης και των επιπτώσεων της στις διαφορετικές κοινωνικές και οικονομικές μονάδες.

Ο πίνακας κοινωνικής λογιστικής είναι ένας τετραγωνικός πίνακας νομισματικών ροών που περιγράφει όλες τις συναλλαγές που κάνουν οι οικονομικοί παράγοντες σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο (συνήθως ένα έτος). Ο αριθμός των συναλλασσομένων προσδιορίζει τις διαστάσεις του τετραγωνικού αυτού πίνακα. Οι στήλες του πίνακα, αναπαριστούν τις δαπάνες ενώ οι γραμμές τα έσοδα. Στο έτος βάσης οι δαπάνες ισούνται εξ' ορισμού με τα έσοδα τόσο σε σταθερούς όσο και σε τρέχοντες όρους (το άθροισμα κάθε στήλης είναι ίσο με το άθροισμα κάθε γραμμής). Επιπλέον εκ' κατασκευής του πίνακα ο νόμος του Walras ικανοποιείται (το άθροισμα του πλεονάσματος ή του ελλείμματος των οικονομικών παραγόντων ισούται με το μηδέν). Ο πίνακας κοινωνικής λογιστικής αναπαριστά τις ροές μεταξύ παραγωγικών τομέων, συντελεστών παραγωγής και οικονομικών παραγόντων. Οι παραγωγικοί τομείς παράγουν αντίστοιχα αγαθά ή υπηρεσίες όπως στους πίνακες εισροών εκροών<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> Πρέπει να σημειωθεί ότι ο πίνακας εισροών εκροών είναι αποτέλεσμα δύο άλλων πινάκων: **i)** Του πίνακα προσφοράς (**make**) που αναφέρεται σε προϊόν ανα βιομηχανία περιγράφοντας τα προϊόντα που παράγει η κάθε βιομηχανία και **ii)** του πίνακα χρήσεων (**use**) που αναφέρεται σε βιομηχανία ανά προϊόν.

Οι οικονομικοί παράγοντες (τα νοικοκυριά, το κράτος, οι επιχειρήσεις και ο εξωτερικός τομέας), είναι κάτοχοι των συντελεστών παραγωγής και έτσι εισπράττουν τις αμοιβές που προκύπτουν από την προσφορά εργασίας και την ιδιοκτησία του κεφαλαίου. Συναλλαγές γίνονται μεταξύ των οικονομικών παραγόντων και με τη μορφή φόρων, επιδοτήσεων και μερισμάτων. Οι παράγοντες κατανέμουν το εισόδημα τους μεταξύ κατανάλωσης και επένδυσης δημιουργώντας έτσι την τελική ζήτηση. Ο εξωτερικός τομέας συναλλάσσεται με κάθε παραγωγικό τομέα ξεχωριστά. Αυτές οι συναλλαγές είναι ουσιαστικά οι εισαγωγές (γραμμή) και οι εξαγωγές (στήλη) των αγαθών και υπηρεσιών. Ο συνδυασμός δεδομένων εισροών εκροών, προσαρμοσμένων σε αγοραίες τιμές, με δεδομένα εθνικών λογαριασμών επιτρέπει την κατασκευή πινάκων κοινωνικής λογιστικής ανά χώρα.

Η αξία της πληροφορίας που ένα μοντέλο παρέχει συναρτάται άμεσα με την ποιότητα της βάσης δεδομένων του. Οι Srinivasan (1994), Kaergard (2000) έχουν δείξει ότι τα αποτελέσματα ακόμα και των πιο περίπλοκων και καλά σχεδιασμένων μοντέλων επηρεάζονται σημαντικά από την ποιότητα των δεδομένων τους. Μια μελέτη που δείχνει την σχέση μοντέλου και δεδομένων είναι των Mercenier et al. (1999). Σε αυτή τη μελέτη οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν το ίδιο μοντέλο γενικής ισορροπίας με δυο διαφορετικές βάσεις δεδομένων (η μία ήταν ο πίνακας εισροών εκροών της Τουρκίας για το έτος 1990 και η άλλη ήταν μία «προσαρμοσμένη» έκδοση του ίδιου πίνακα) προκειμένου να αξιολογήσουν συγκεκριμένες πολιτικές εμπορίου. Τα αποτελέσματα που πήραν οι συγγραφείς από το μοντέλο ήταν διαφορετικά, τόσο σε επίπεδο όσο και σε πρόσημο, οδηγώντας τους έτσι σε τελείως διαφορετικά συμπεράσματα.

#### 4.1 Πηγή δεδομένων

Ένας από τους λόγους που ο αριθμός των CGE υποδειγμάτων έχει αυξηθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία είναι η σημαντική πρόοδος που έχει συντελεστεί στο πεδίο συλλογής και σύνθεσης δεδομένων. Αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι η βάση δεδομένων GTAP (Global Trade Analysis Project). Η πιο πρόσφατη έκδοση της (v.7.-2009) καλύπτει όλο το κόσμο

---

περιγράφοντας τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως εισροή για την παραγωγή. Αναλυτική περιγραφή των πινάκων αυτών δίνεται στην ενότητα 4.2.1.

χωρισμένο σε 113 περιοχές και 57 παραγωγικούς τομείς. Η βάση αυτή συνδυάζει λεπτομερείς πίνακες διμερούς εμπορίου και εμπορικών δασμών με τους πίνακες εισροών εκροών κάθε χώρας (για λεπτομερή περιγραφή της βάσης δεδομένων βλ. Dimaranan, 2005).

Για το έτος βάσης του υποδείγματος GEM-E3 είναι απαραίτητα τα ακόλουθα δεδομένα: πίνακας εισροών εκροών, συναλλαγές μεταξύ θεσμικών τομέων, κρατικά έσοδα, πίνακες διμερούς εμπορίου, πίνακες επενδύσεων, πίνακες κατανάλωσης, επιτόκια, πληθωρισμός και απασχόληση. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στους τομείς και στις περιοχές του υποδείγματος που παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος του Κεφαλαίου 5 (Πίνακας 5-18, Πίνακας 5-19,

Πίνακας 5-21). Οι στατιστικές πηγές που αξιοποιήθηκαν προκειμένου να κατασκευαστούν οι πίνακες κοινωνικής λογιστικής της Ευρωπαϊκής έκδοσης του υποδείγματος είναι οι: EUROSTAT, New CRONOS, COMEXT και η βάση δεδομένων της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας (ECB). Ανά κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες βάσεις δεδομένων:

- Πίνακες εισροών εκροών (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Εθνικοί λογαριασμοί 2000 (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Πίνακες διμερούς εμπορίου. (Πηγή: **COMEXT**).
- Κατανάλωση κατά σκοπό και κατά προϊόν (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Επένδυση κατά σκοπό και κατά προϊόν (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Συναλλαγές μεταξύ θεσμικών παραγόντων (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Κεφαλαιακές μεταβιβάσεις (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Απασχόληση (Πηγή: **EUROSTAT**).
- Επιτόκια και πληθωρισμός (Πηγή: **EUROSTAT** και **ECB**).

Όσον αφορά στην παγκόσμια έκδοση του υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων GTAP για τους πίνακες εισροών εκροών και τους πίνακες διμερούς εμπορίου, ο διεθνής οργανισμός απασχόλησης (ILO) για στοιχεία και προβλέψεις για την απασχόληση και οι βάσεις δεδομένων του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου και του ΟΟΣΑ για τις υπόλοιπες συναλλαγές.

Ο Πίνακας 4-1: παρουσιάζει την λεπτομερή ανάλυση του πίνακα κοινωνικής λογιστικής όπως έχει διαμορφωθεί για τις ανάγκες του υποδείγματος. Συγκεκριμένα, το GEM-E3 είναι βασισμένο σε έναν πίνακα κοινωνικής λογιστικής ο οποίος είναι εκφρασμένος σε τιμές παραγωγού<sup>42</sup>. Τα διαθέσιμα στοιχεία από την EUROSTAT ήταν τα εξής: i) πίνακες προσφοράς σε βασικές τιμές<sup>43</sup> με μετασχηματισμό σε τιμές παραγωγού, ii) πίνακες χρήσης σε τιμές αγοραστή<sup>44</sup> και iii) συμμετρικοί πίνακες εισροών-εκροών εκφρασμένοι σε βασικές τιμές. Η προσαρμογή όλων των δεδομένων έγινε με βάση το μεθοδολογικό πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Συστήματος Λογαριασμών 1995 (ESA 95), εξασφαλίζοντας έτσι την

---

<sup>42</sup> το συνολικά παραγόμενο προϊόν περιλαμβάνει όλους τους φόρους σχετικούς με την παραγωγή πλήρη ΦΠΑ και μεταφορικά κόστη

<sup>43</sup> παραγωγή καθαρή από φόρους

<sup>44</sup> τιμή παραγωγού + φόροι και επιδοτήσεις επί του προϊόντος + ΦΠΑ και κόστη μεταφοράς.



συμβατότητα όλων των δεδομένων. Το ESA95 διακρίνει δύο βασικές έννοιες αποτίμησης: (i) την τιμή αγοραστού και (ii) την βασική τιμή.

Η *τιμή αγοραστού* είναι η τιμή που πληρώνει ο αγοραστής μείον τον εκπίπτοντα ΦΠΑ προκειμένου να αγοράσει μία μονάδα αγαθού ή υπηρεσίας στο χώρο και το χρόνο που καθορίζει ο αγοραστής (επομένως η τιμή αυτή περιλαμβάνει και τα έξοδα μεταφοράς όταν αυτά υπάρχουν).

Η *βασική τιμή* είναι η τιμή που λαμβάνει ο παραγωγός από τον αγοραστή για μία μονάδα πώλησης του προϊόντος του μείον τους φόρους που πληρώνει ως αποτέλεσμα της παραγωγής/πώλησης αυτού του προϊόντος (φόροι επί του προϊόντος), συν τις επιδοτήσεις που λαμβάνει ως αποτέλεσμα της παραγωγής/πώλησης αυτού του προϊόντος (επιδοτήσεις επί του προϊόντος).

Η διαφορά των δύο αυτών ορισμών αποτίμησης αφορά από την μία τα εμπορικά και μεταφορικά περιθώρια και από την άλλη τους φόρους/επιδοτήσεις επί του προϊόντος.

Το υπόλοιπο του τμήμα του κεφαλαίου αυτού είναι χωρισμένο σε δύο ενότητες: Η πρώτη ενότητα περιγράφει τόσο την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον μετασχηματισμό των πινάκων της EUROSTAT σε τιμές παραγωγού όσο και τον τρόπο σύνθεσης των εθνικών λογαριασμών προκειμένου να κατασκευαστεί η βάση δεδομένων της ευρωπαϊκής έκδοσης του υποδείγματος. Η δεύτερη ενότητα αφορά στην προσαρμογή των δεδομένων του GTAP για την κατασκευή της βάσης δεδομένων του παγκόσμιου υποδείγματος.

#### **4.2 Κατασκευή των πινάκων κοινωνικής λογιστικής της Ευρωπαϊκής έκδοσης GEM-E3**

Για την κατασκευή των πινάκων κοινωνικής λογιστικής αντλήθηκαν στοιχεία από δύο σύνολα δεδομένων:

- Οι λογαριασμοί των θεσμικών τομέων.
- Ο πίνακας εισροών εκροών.

Πολύ συχνά τα δύο αυτά σύνολα δεδομένων είναι ασύμβατα μεταξύ τους και αρκετές προσαρμογές κρίθηκαν απαραίτητες προκειμένου να κατασκευαστεί ένας πίνακας

κοινωνικής λογιστικής σε κατάσταση γενικής ισορροπίας. Όλες οι προσαρμογές έγιναν ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι σύμφωνο με τις αρχές του ESA 95. Μεθοδολογικά ο πίνακας κοινωνικής λογιστικής προσεγγίζεται σαν ένας πίνακας που αποτελείται από τέσσερα κυρίως μέρη. Αυτά αναπαριστούν:

- Την ενδιάμεση κατανάλωση.
- Την τελική ζήτηση.
- Τα έσοδα από τις οικονομικές δραστηριότητες.
- Τις συναλλαγές μεταξύ των θεσμικών τομέων της οικονομίας.

Για την κατασκευή των τριών πρώτων πινάκων χρησιμοποιήθηκαν οι συμμετρικοί πίνακες εισροών - εκροών καθώς και οι πίνακες χρήσεως και προσφοράς ενώ για την κατασκευή του τέταρτου πίνακα εφαρμόστηκαν οι κανόνες που ισχύουν στην σύνθεση λογαριασμών θεσμικών τομέων.

#### 4.2.1 Πίνακες προσφοράς και χρήσης

Οι πίνακες προσφοράς και χρήσης αποτελούνται από τους ακόλουθους πίνακες:

- Τον πίνακα προσφοράς.
- Το ισοζύγιο εσόδων και χρήσεων.
- Τον πίνακα χρήσης.
- Τον πίνακα λογαριασμών παραγωγής ανά τομέα.

**Πίνακας 4-1: Πίνακας κοινωνικής λογιστικής GEM-E3**

	01.....n	Σύνολο ενδιάμεσης ζήτησης	Εργασία	Κεφάλαιο	Σύνολο	Ιδιωτική Κατανάλωση (περ. NPISHs)	Δημόσια Κατανάλωση	Επιχειρήσεις	Επενδύσεις	Μεταβολή απόθεμάτων	Εξαγωγές	Συνολική τελική ζήτηση	Σύνολο Ζήτησης
01 n	PIO*IOV	[8]				[9] PHC*HCV	[10] PGC *GCV		[11] PINV * INVP	[12] PST*STV	[13] PWX* EXPO	[14]=[9]+[10]+ [11]+[12]+[13]	[15]=[14]+[8]
<b>Σύνολο ενδιάμεσων εισροών</b>	[1]												
Λειτουργικό πλεόνασμα	PK*K										FFASE		
Αποζημίωση εργασίας	PL*LAV										FFASE		
Εισφορές κοινωνικής ασφάλισης	TXFSS*LAV												
<b>Σύνολο προστιθέμενης αξίας</b>	[2]												
<b>Σύνολο προσφοράς σε βασικές τιμές</b>	[3]=[1]+[2]												
Νοικοκυριά			FSEFA:εισόδημα από προσφορά εργασίας	FSEFA:εισόδημα από μερίσματα		FSESE	[17] FSESE: Επίδομα κοινωνικής ασφάλισης, συντάξεις.	FSESE			FSESE		
Επιχειρήσεις				FSEFA:εισόδημα από λειτουργικό πλεόνασμα		FSESE		FSESE			FSESE		
Φ.Π.Α Επιδότησεις	TX_VAT*(vat_base) TX_SUB*(sub_base)							FGRS					
Άμεσοι φόροι								FGRS			FGRS		
Ασφαλιστικές εισφορές													
Έμμεσοι φόροι	TX_IT*(it_base)												
Δασμοί	TX_DUT*(dut_base)												
Περιβαλλοντικοί και λοιποί φόροι	TX_ENV*(env_base)												
Κράτος- Επιχειρήσεις								FGRF					
Κράτος - Εξωτερικός Τομέας													
<b>Σύνολο φορολογίας</b>	[4]												
<b>Σύνολο προσφοράς σε τιμές παραγωγού</b>	[5]=[4]+[3]												
Εισαγωγές	[6] PWX*IMP		FSEFA	FSEFA		FSESE	FSESE	FSESE					
Αποταμίευση						SAVE	SAVE	SAVE			SAVE		
<b>Σύνολο Προσφοράς</b>	[7]=[5]+[6]												

**Συνθήκες Ισορροπίας**

Προσφορά = Ζήτηση  
Μηδενικού κέρδους

[7] = [15]  
[3]-[1]-[2]=0

Ο πίνακας προσφοράς  $M_{i,j}$  δείχνει σε λεπτομέρεια την προσφορά των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται από τις εγχώριες μονάδες παραγωγής. Η δομή του πίνακα αυτού είναι προϊόν  $i$  ανά κλάδο παραγωγής  $j$ . Κάθε στήλη του πίνακα  $M_{i,j}$  αναπαριστά την ποικιλία των προϊόντων που παράγει κάθε βιομηχανία ενώ κάθε γραμμή αναπαριστά το μερίδιο της βιομηχανίας στο συνολικά παραγόμενο προϊόν. Η κύρια διαγωνίος  $M_{i,i}$  αναπαριστά την κύρια παραγωγική δραστηριότητα του τομέα, ενώ οι δευτερεύουσες δραστηριότητες κατανέμονται εκτός της διαγωνίου. Η αξία της συνολικής παραγωγής του κλάδου  $TV_j$  προκύπτει από  $TV_j = \sum_i M_{i,j}$ , η αξία της κύριας παραγωγής του κλάδου  $V_j$  δίνεται από την σχέση  $V_j = M_{i,i}$  και η αξία της δευτερογενούς παραγωγής του κλάδου  $SV_j$  δίνεται από την σχέση  $SV_j = \sum_i M_{i,j} - M_{i,i}$ . Οι συνολικές εισροές που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του προϊόντος είναι  $VP_i$  και η κύρια παραγωγή προϊόντος  $M_{i,i}$ , επομένως η δευτερεύουσα παραγωγή προϊόντος  $SEV_i$  προκύπτει από  $SEV_i = VP_i - M_{i,i}$ . Οι διαστάσεις των πινάκων που λήφθησαν από την EUROSTAT ήταν 59 προϊόντα ανά 59 βιομηχανίες.

Το ισοζύγιο εσόδων και χρήσεων είναι στην ουσία μία αναπαράσταση της βασικής ταυτότητας προσφοράς-ζήτησης για κάθε ένα από τα 59 προϊόντα. Από τη μία πλευρά του ισοζυγίου εμφανίζονται δεδομένα σχετικά με την προσφορά ενός προϊόντος, δηλαδή η εγχώρια παραγωγή και οι εισαγωγές. Από την άλλη πλευρά του ισοζυγίου εμφανίζονται οι χρήσεις των προϊόντων στις διάφορες κατηγορίες της τελικής ζήτησης. Εάν η εκτίμηση της προσφοράς και χρήσης των προϊόντων έχει γίνει σωστά τότε τα δύο αυτά μεγέθη πρέπει να είναι ίσα. Το σύστημα που χρησιμοποιείται για την αποτίμηση των διαφόρων ροών περιπλέκει την διαδικασία αφού η προσφορά αποτιμάται σε βασικές τιμές ενώ οι χρήσεις αποτιμώνται σε τιμές αγοραστού. Προκειμένου να ισχύσει η ταυτότητα τα δεδομένα προσαρμόζονται σχετικά με τους φόρους, τις επιδοτήσεις και τα εμπορικά περιθώρια.

Ο πίνακας χρήσεων  $U_{i,j}$  δείχνει την αξία των προϊόντων που χρησιμοποιεί κάθε τομέας προκειμένου να παράγει το σύνολο των προϊόντων του. Η δομή του πίνακα είναι προϊόν ανά κλάδο και οι διαστάσεις του είναι 59 προϊόντα ανά 59 βιομηχανίες. Κάθε στήλη του πίνακα αυτού αναπαριστά τις δαπάνες για ενδιάμεσα προϊόντα του κάθε τομέα. Οι συνολικές εισροές του κλάδου προκύπτουν από  $TI_i = \sum_j U_{i,j}$  και οι συνολικές εισροές προϊόντων προκύπτουν από  $TP_j = \sum_i U_{i,j}$ . Ο πίνακας αυτός αποτιμάται σε τιμές παραγωγού.

Προκειμένου ο πίνακας να γίνει συμβατός με τον τρόπο γραφής του υποδείγματος ήταν απαραίτητο από κάθε είσοδο του πίνακα χρήσεων να εξαλειφτούν τα αντίστοιχα εμπορικά περιθώρια. Το συνολικό ποσό των εμπορικών περιθωρίων κατανεμήθηκε στη σειρά "Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες".

Οι λογαριασμοί παραγωγής χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μία από τις 59 βιομηχανίες. Αυτοί οι λογαριασμοί παρουσιάζουν δεδομένα σχετικά με την εγχώρια παραγωγή σε εγχώριες τιμές και δεδομένα σχετικά με την ενδιάμεση ζήτηση του τομέα σε τιμές αγοραστού. Ο λογαριασμός παραγωγής χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ένα από τα πιο βασικά στοιχεία του συστήματος, η προστιθέμενη αξία.

Στο σημείο αυτό ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στον χειρισμό των αξιών χρηματοπιστωτικής διαμεσολάβησης που μετρώνται έμμεσα FISIM (Financial Intermediation Services Indirectly Measured – FISIM). Οι χρηματοοικονομικοί οργανισμοί παρέχουν υπηρεσίες για τις οποίες δεν γίνονται σαφείς χρεώσεις (π.χ. το εισόδημα που προκύπτει από την χρέωση διαφορετικών επιτοκίων σε δανειστές και δανειολήπτες). Οι έμμεσα καταγεγραμμένες χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, μέχρι το 2005 καταγράφονταν ως η ενδιάμεση ανάλωση ενός "εικονικού" κλάδου και δηλώνονταν ως ξεχωριστή συναλλαγή στους εθνικούς λογαριασμούς. Πρόσφατα η προσέγγιση αυτή άλλαξε και σύμφωνα με την νέα κοινοτική οδηγία ([4],[5]) το FISIM πρέπει να κατανέμεται στους κλάδους/βιομηχανίες που χορηγούν/λαμβάνουν τα δάνεια. Ως αποτέλεσμα το FISIM δεν καταγράφεται πλέον ξεχωριστά μόνο ως ενδιάμεση κατανάλωση αλλά και ως τελική κατανάλωση και εξαγωγές (συνέπεια αυτής της αλλαγής στην μέτρηση του FISIM είναι η καταγραφή υψηλότερου ΑΕΠ). Έτσι το συνολικό ποσό του FISIM δεν καταγράφεται πλέον ως ξεχωριστή συναλλαγή στους εθνικούς λογαριασμούς (οι δημοσιευμένοι πίνακες εισροών-εκροών της EUROSTAT περιλαμβάνουν ήδη το FISIM υπό την έννοια που περιγράφηκε).

#### 4.2.2 Συμμετρικοί πίνακες εισροών εκροών

Ο συμμετρικός πίνακας εισροών εκροών είναι ένας πίνακας που περιγράφει την εγχώρια παραγωγή και τις συναλλαγές όλων των προϊόντων σε εθνικό επίπεδο. Ο πίνακας εισροών εκροών ενσωματώνει τους πίνακες χρήσης και προσφοράς σε έναν ενιαίο πίνακα. Οι διαθέσιμες στατιστικές πληροφορίες που συλλέγονται από παραγωγικές μονάδες αναφέρονται κυρίως στον τύπο των προϊόντων που αυτές παράγουν και πωλούν και

λιγότερο στον τύπο των προϊόντων που χρησιμοποιούν. Οι πίνακες προσφοράς και χρήσης είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε ταιριάζουν με αυτά τα δεδομένα (προϊόν ανά βιομηχανία). Αντίθετα πληροφορίες σχετικά με την χρήση προϊόντος ανά προϊόν δεν είναι συχνά διαθέσιμες και είναι αυτές που είναι απαραίτητες για την κατασκευή ενός συμμετρικού πίνακα εισροών εκροών. Έτσι ο πίνακας αυτός κατασκευάζεται βάσει των πινάκων χρήσεως και προσφοράς. Η μετατροπή αυτή μπορεί να διαχωριστεί στα ακόλουθα στάδια:

- i. Κατανομή των δευτερευόντων αγαθών του πίνακα προσφοράς στις βιομηχανίες που τα έχουν σαν κύριο αντικείμενο παραγωγής.
- ii. Αναδιάρθρωση των στηλών του πίνακα χρήσης από εισροές σε βιομηχανίες σε εισροές ομοιογενών τομέων.
- iii. Άθροιση των προϊόντων του νέου πίνακα χρήσης στους ομοιογενείς τομείς που βρίσκονται στις στήλες.

Το δεύτερο στάδιο είναι και το πιο πολύπλοκο, αφού τα πρωτογενή στοιχεία αφορούν τις βιομηχανίες και όχι τα μεμονωμένα προϊόντα που παράγει η κάθε βιομηχανία. Το είδος της μετατροπής που γίνεται εδώ συνεπάγεται τη μεταβίβαση των εισροών που αφορούν τα δευτερεύοντα προϊόντα μιας βιομηχανίας στη βιομηχανία που τα παράγει ως κύριο προϊόν. Για να γίνει αυτό, γίνεται είτε χρήση συμπληρωματικών στατιστικών και τεχνικών δεδομένων είτε χρήση συγκεκριμένων υποθέσεων.

Το τρίτο στάδιο αφορά δύο τύπους τεχνολογικών υποθέσεων:

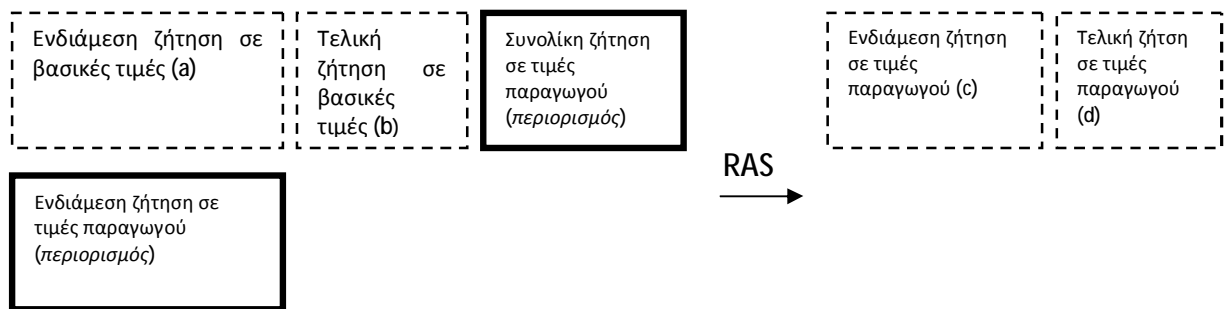
- a. Σύμφωνα με την υπόθεση της *τεχνολογίας κλάδου* όλα τα προϊόντα που παράγονται από έναν βιομηχανικό κλάδο, παράγονται με την ίδια τεχνολογία η οποία είναι χαρακτηριστική για τον κλάδο.
- b. Σύμφωνα με την υπόθεση της *τεχνολογίας προϊόντος* κάθε προϊόν, ανεξάρτητα από τον κλάδο στον οποίο παράγεται, χρησιμοποιεί την τεχνολογία του κλάδου στην παραγωγή του οποίου είναι το κύριο προϊόν.

Για την κατασκευή των συμμετρικών πινάκων εισροών εκροών υιοθετήθηκε η υπόθεση της τεχνολογίας προϊόντος.

#### 4.2.3 Μετασχηματισμός του συμμετρικού πίνακα εισροών εκροών από βασικές τιμές σε τιμές παραγωγού.

Οι πίνακες χρήσης και προσφοράς συνδυάστηκαν με τους πίνακες εισροών εκροών προκειμένου να υπολογιστούν οι φόροι και οι επιδοτήσεις των προϊόντων. Προκειμένου να υπολογιστούν οι καθαροί φόροι που πληρώνει κάθε κλάδος για να αγοράσει μία μονάδα ενδιάμεσης εισροής χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος RAS<sup>45</sup> (Stone (1961)). Συγκεκριμένα η μέθοδος RAS αποτελεί μια τεχνική επαναληπτικής αναλογικής προσέγγισης (Iterative proportional fitting) που καθιστά δυνατό τον συμβιβασμό του πίνακα ενδιάμεσων αναλώσεων με τον πίνακα τελικών χρήσεων. Οι αρχικοί πίνακες που αποτελούν και την βάση της RAS ήταν οι πίνακες εισροών εκροών εκφρασμένοι σε βασικές τιμές. Το σύνολο της γραμμής (συνολική ζήτηση) προέκυψε από τον πίνακα προσφοράς (μετά από προσαρμογή του ως προς τους καθαρούς φόρους προϊόντος). Το σύνολο της στήλης (συνολική ενδιάμεση ζήτηση) προέκυψε από τον συμμετρικό πίνακα εισροών εκροών (πάλι μετά από προσαρμογή του ως προς τους καθαρούς φόρους προϊόντος). Χρησιμοποιώντας την μέθοδο RAS για να υπολογίσουμε τον πίνακα των καθαρών φόρων σημαίνει ουσιαστικά ότι το σύνολο του φόρου που κάθε κλάδος πληρώνει για να αγοράσει μία μονάδα ενδιάμεσου αγαθού είναι αναλογικό της συνολικής δαπάνης. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τα βήματα που ακολουθήθηκαν:

**Σχήμα 4-1: Υπολογισμός του πίνακα καθαρών φόρων επί του προϊόντος.**



Αφαιρώντας τους πίνακες (a),(b) από τον (c) και (d) αντίστοιχα προκύπτει ο πίνακας καθαρών φόρων.

<sup>45</sup> Ο αλγόριθμος **RAS** έχει δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: **(i)** είναι απλός και εξασφαλίζει την μη ύπαρξη αρνητικών αριθμών **(ii)** απαιτεί σχετικά μικρό όγκο δεδομένων. Η **RAS** είναι μία επαναληπτική διαδικασία όπου οι στήλες και οι γραμμές ενός αρχικού πίνακα αλλάζουν σταδιακά χρησιμοποιώντας τις αναλογίες των γνωστών περιθωρίων του τελικού πίνακα.

#### 4.2.4 Χειρισμός των ξεχωριστών λογαριασμών

Η προσαρμογή των πινάκων εισροών εκροών στους διαφορετικούς τομείς, (νοικοκυριά, κυβέρνηση, επιχειρήσεις και υπόλοιπος κόσμος) είναι σχετικά αυτονόητη χρησιμοποιώντας τα στοιχεία των εθνικών λογαριασμών και συνίσταται κυρίως στα εξής:

- Η προστιθέμενη αξία της εργασίας κατανέμεται στα νοικοκυριά εκτός από το μέρος που αντιστοιχεί στον υπόλοιπο κόσμο.
- Το εισόδημα του κεφαλαίου διανέμεται μεταξύ των νοικοκυριών, των επιχειρήσεων και της κυβέρνησης όπως στους εθνικούς λογαριασμούς.
- Οι ασφαλιστικές εισφορές πληρώνονται από τα νοικοκυριά στο κράτος και στις επιχειρήσεις.
- Τα νοικοκυριά και οι επιχειρήσεις πληρώνουν τους άμεσους φόρους στο κράτος.

Εκ' κατασκευής του πίνακα κοινωνικής λογιστικής οι επιδοτήσεις πληρώνονται από την κυβέρνηση στις επιχειρήσεις. Στην πραγματικότητα όμως ένα κομμάτι των επιδοτήσεων πληρώνεται από τον εξωτερικό τομέα. Προκειμένου να ληφθεί υπ' όψιν το ζήτημα αυτό δημιουργείται στον πίνακα μία εικονική συναλλαγή στην οποία υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ των επιδοτήσεων που κατέβαλλε το κράτος και των επιδοτήσεων που έλαβαν οι επιχειρήσεις. Η διαφορά αυτή αναλογεί στον εξωτερικό τομέα. Αντίστοιχη μεταχείριση έχουν και τα έσοδα του κράτους από φόρους καθώς μέρος των φόρων αφορά τον εξωτερικό τομέα.

#### 4.2.5 Συναλλαγές που δεν καλύπτονται από το υπόδειγμα.

Οι πίνακες εισροών εκροών της EUROSTAT παρέχουν στατιστικά στοιχεία για συναλλαγές όπως οι άμεσες δαπάνες ημεδαπών στην αλλοδαπή ή οι (cif/fob)<sup>46</sup> προσαρμογές των εισαγωγών που δεν καλύπτονται από το υπόδειγμα. Ο χειρισμός αυτών των συναλλαγών ούτως ώστε να ενσωματωθούν στο υπόδειγμα είναι ο εξής: από τον πίνακα προσφοράς είναι διαθέσιμα τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν στις άμεσες δαπάνες των ημεδαπών στην αλλοδαπή και στην cif/fob προσαρμογή των εισαγωγών. Και οι δύο συναλλαγές καταγράφονται ως εισαγωγές για την οικονομία. Προκειμένου να κατανεμηθούν σε

---

<sup>46</sup> cif: cost, insurance and freight, fob: free on board.



εισαγωγές ανά προϊόν γίνονται οι ακόλουθες ενέργειες: (i) ελέγχεται ότι τα εισαγόμενα αγαθά χρησιμοποιούνται για ιδιωτική κατανάλωση, (ii) υπολογίζεται το μερίδιο των δαπανών στην αλλοδαπή ως προς τις εισαγωγές, (iii) υπολογίζεται η cif/fob προσαρμογή των εισαγωγών στο σύνολο των εισαγωγών και τέλος αθροίζονται οι (ii) και (iii) στις εισαγωγές ανά κλάδο του πίνακα προσφοράς.

Ο πίνακας χρήσεων παρέχει επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με αγορές στην ημεδαπή από αλλοδαπούς. Αυτή η συναλλαγή καταγράφεται ως εξαγωγή για την οικονομία. Προκειμένου να κατανεμηθεί στις εξαγωγές ανά προϊόν πραγματοποιούνται οι ακόλουθες ενέργειες: (i) υπολογίζονται οι εξαγωγές ανά κλάδο εάν υπάρχει τελική ιδιωτική κατανάλωση γι' αυτόν τον κλάδο. (ii) υπολογίζεται το μερίδιο της δαπάνης στην ημεδαπή ως προς τις εξαγωγές που υπολογίστηκαν στο βήμα (i).

#### 4.2.6 Συναλλαγές μεταξύ οικονομικών παραγόντων

Οι θεσμικοί τομείς όπως καταγράφονται από την EUROSTAT αναφέρονται στον Πίνακα 4-2. Οι θεσμικοί λογαριασμοί καλύπτουν όλες τις συναλλαγές μεταξύ των θεσμικών τομέων της οικονομίας.

**Πίνακας 4-2: Θεσμικοί τομείς.**

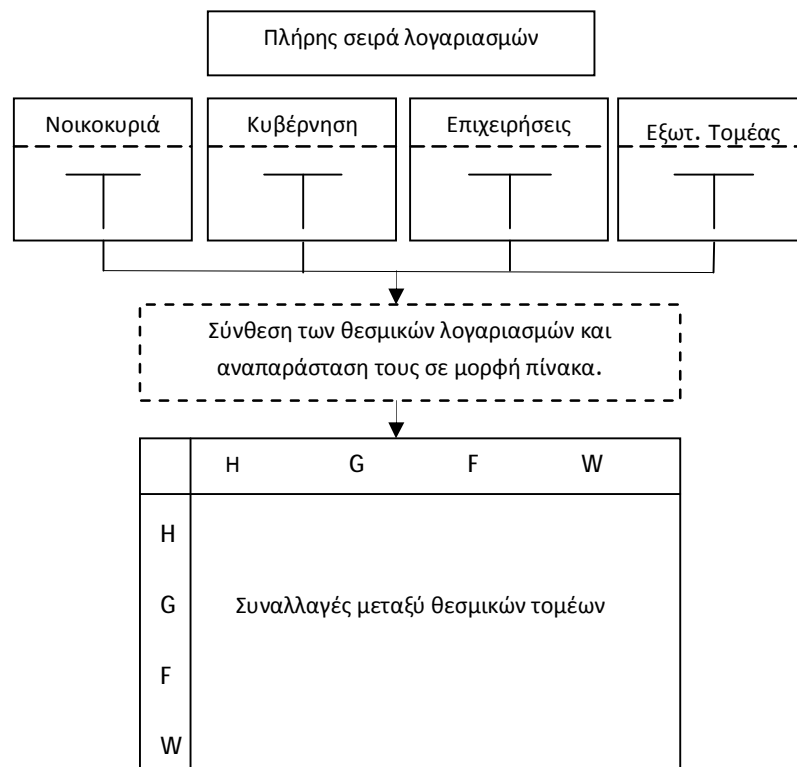
ESA 95 code	Κατηγορίες βάσης δεδομένων
S.1	Ευρωζώνη
S.11	Μη χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις
S.12	Χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις
S.13	Γενική Κυβέρνηση (δεν περιέχονται οι εταιρείες του δημοσίου)
S.14 + S.15	Νοικοκυριά, περιλαμβανομένων NPIHs
S.2	Υπόλοιπος κόσμος

Προκειμένου να κατασκευαστεί ο πίνακας «μεταβιβαστικές πληρωμές μεταξύ οικονομικών παραγόντων» δύο τύποι πινάκων χρησιμοποιήθηκαν:

- Οι πίνακες της πλήρους σειράς λογαριασμών κάθε θεσμικού τομέα (Νοικοκυριά, Επιχειρήσεις, Κυβέρνηση, Εξωτερικός τομέας, Συνολική οικονομία)
- Αναπαράσταση των πιο σημαντικών συναλλαγών του συστήματος σε μορφή πίνακα.

Ο συγκεκριμένος τρόπος αναπαράστασης των συναλλαγών επιτρέπει σε κάθε συναλλαγή να αντιστοιχεί σε μία είσοδο στον πίνακα και η θέση της κάθε μίας συναλλαγής στον πίνακα να προσδιορίζει το είδος της. Κάθε συναλλαγή μεταξύ δύο θεσμικών τομέων αναπαρίσταται από ένα ζεύγος στήλης και σειράς. Η σύμβαση που ακολουθείται είναι ότι τα έσοδα περιγράφονται στις σειρές και οι χρήσεις στις στήλες. Για παράδειγμα (βλ. Πίνακας 4-3), οι φόροι στο εισόδημα (D5) πληρώνονται από τα νοικοκυριά και λαμβάνονται από το κράτος .

**Σχήμα 4-2: Σχηματική μεθοδολογία υπολογισμού των συναλλαγών μεταξύ θεσμικών τομέων.**



Η αναπαράσταση ορισμένων συναλλαγών όπως αυτή του εισοδήματος ιδιοκτησίας απαιτεί διαφορετική προσέγγιση. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-2 υπάρχουν ορισμένες συναλλαγές που αφορούν το εισόδημα που λαμβάνει το κράτος και είναι πληρωτέο από όλους τους υπόλοιπους τομείς. Το πρόβλημα δημιουργείται στον πίνακα κοινωνικής λογιστικής στον οποίο δεν υπάρχει αντίστοιχη σειρά που να καταγράφει αυτού του είδους τις συναλλαγές. Για τον λόγο αυτό οι συγκεκριμένες συναλλαγές τοποθετούνται στην σειρά «Γενικές Μεταβιβάσεις».

Πίνακας 4-3: Φόροι εισοδήματος (D5) – Γερμανία – έτος 2005 – (εκατ. €)

	H	F	G	W	Σύνολο
H					0
F					0
G	217040	34590	0	2430	254060
W			110		110
Σύνολο	217040	34590	110	2430	254170

#### 4.2.7 Κατανάλωση οικιακού τομέα

Η κατανάλωση των νοικοκυριών μπορεί να υπολογιστεί μέσω δύο διαφορετικών προσεγγίσεων. Η πρώτη αφορά τη διάκριση των αγαθών ανά τύπο προϊόντος. Η δεύτερη αφορά τη διάκριση ανά σκοπό. Η τελευταία βασίζεται σε ένα διεθνώς συμφωνημένο πρότυπο COICOP (Classification of Individual Consumption According to Purpose) και κατηγοριοποιεί τα αγαθά ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται. Στους εθνικούς λογαριασμούς η κατανάλωση των νοικοκυριών περιγράφεται σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση COICOP ενώ στους πίνακες εισροών εκροών περιγράφεται η κατανάλωση των νοικοκυριών ανά προϊόν. Ο μετασχηματισμός της κατανάλωσης ανά σκοπό  $HCFV_{fn}$  σε ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα επιτυγχάνεται μέσω του πίνακα κατανάλωσης

$$HCPFV_{pr,fn} = tchcfv_{pr,fn} \cdot HCFV_{fn}$$

όπου  $pr,fn$  τα προϊόντα και ο σκοπός κατανάλωσης αντίστοιχα,  $HCPFV_{pr,fn}$  ο πίνακας κατανάλωσης και  $tchcfv_{pr,fn}$  ο πίνακας μεριδίων κατανάλωσης,  $\sum_{pr} tchcfv_{pr,fn} = 1$ .

Η τελική κατανάλωση των νοικοκυριών περιλαμβάνει μεταξύ άλλων το τεκμαρτό ενοίκιο κατοικίας, το εισόδημα σε είδος και την κατανάλωση ίδιας παραγωγής. Στο υπόδειγμα GEM – E3 ο οικιακός τομέας έχει συγχωνευτεί με τον τομέα των μη κερδοσκοπικών ινστιτούτων που εξυπηρετούν τα νοικοκυριά (NPISH)<sup>47</sup>.

<sup>47</sup> Non Profit Institutions Serving Households.

Το GEM-E3 ενσωματώνει ένα μηχανισμό που συνδυάζει τις δύο αυτές προσεγγίσεις της κατανάλωσης του ιδιωτικού τομέα, τον πίνακα κατανάλωσης. Ο πίνακας αυτός μεταφράζει την ζήτηση ανά προϊόν σε κατανάλωση ανά σκοπό.

**Πίνακας 4-4: Πίνακας κατανάλωσης - Ηνωμένο Βασίλειο - έτος 2000 – (εκατ. €)**

	Τρόφιμα, αναψυκτικά και καπνός	Ρουχισμός	Σπίτια και Νερό	Καύσιμα και ηλεκτρισμός	Έπιπλα οικιακής χρήσης	Συσκευές θέρμανσης ψύξης μαγειρέματος	Υπηρεσίες υγείας και ιατρικής περίθαλψης	Αγορά οχημάτων μεταφοράς	Χρήση οχημάτων μεταφοράς	Μέσα μαζικής μεταφοράς	Υπηρεσίες τηλε/ν/ιών	Υπηρεσίες αναψυχής πολιτισμού κλπ.	Λοιπές υπηρεσίες	Σύνολο
Γεωργία	12807	7	4	2	7	0	1	1	0	0	1	898	3	13731
Άνθρακας	0	0	0	473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	473
Πετρέλαιο	1592	559	254	7150	570	0	115	115	22448	31	112	464	207	33615
Φυσικό αέριο	0	0	0	8888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8888
Ηλεκτρισμός	0	0	0	12647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12647
Σιδηρούχα & μη σιδηρ. μέταλλα	50	18	723	0	2630	0	4	4	5	1	4	157	432	4028
Χημική βιομηχανία	31	11	1439	0	3146	0	2318	2	0	1	2	2668	11332	20950
Λοιποί ενεργόβιοι κλάδοι	86	21	1071	0	3092	0	4	4	0	1	4	591	2233	7107
Ηλεκτρικά αγαθά	543	191	178	3	1886	0	39	39	161	10	38	10427	71	13586
Εξοπλισμός μεταφορών	49	17	10	0	18	0	4	41138	67	1	3	4634	6	45947
Λοιπά εξοπλιστικά αγαθά	499	176	1675	3	803	139	3929	36	1	10	36	9294	2182	18782
Κατ/κά αγαθά	88276	32732	3831	1	21974	0	448	15	97	4	15	27148	380	174921
Κατασκευές	37	13	7727	0	13	0	3	3	0	1	3	11	5	7816
Τηλεπ/νίες	324	114	63	2	116	0	23	23	1	6	19984	94	42	20792
Μεταφορές	382	134	75	2	136	0	27	28	161	38103	27	106	50	39231
Χρημα/κές & ασφ/κές υπηρεσίες	378	133	74	2	135	0	289	27	1	7	27	110	56786	57969
Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	31110	24183	130624	174	24077	8545	2230	14868	30726	596	2198	172934	26974	469240
Μη αγοραίες υπηρεσίες	7100	2495	10486	40	2539	4	6374	513	2341	200	502	9411	32091	74095
Σύνολο	143265	60804	158235	29386	61142	8688	15807	56815	56009	38972	22955	238948	132792	1023819

Τα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ανά προϊόν και ανά σκοπό αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων της EUROSTAT. Τα απαραίτητα δεδομένα όμως που αφορούν τον μετασχηματισμό των παραπάνω στοιχείων δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν παρά μόνο για την Ελλάδα και το Ηνωμένο Βασίλειο. Έτσι οι πίνακες αυτών των χωρών χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την κατασκευή των πινάκων καταναλώσεων και των υπολοίπων χωρών. Προκειμένου να κατασκευαστούν οι πίνακες με βάση τα σύνολα κατανάλωσης ανά προϊόν και σκοπό εφαρμόσθηκε η τεχνική RAS. Συγκεκριμένα για τις χώρες που δεν υπήρχαν πίνακες κατανάλωσης ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Σχηματισμός στήλης κατανάλωσης ανά προϊόν βάσει των δεδομένων των εθνικών λογαριασμών και της βάσης δεδομένων EUROSTAT.
- Με βάση το ποσοστό του ΦΠΑ υπολογίζεται ο ΦΠΑ ανά προϊόν και αφαιρείται από την κατανάλωση ανά προϊόν.

- Σχηματισμός γραμμής κατανάλωσης ανά σκοπό.
- Εφαρμογή του αλγορίθμου **RAS** για εξισορρόπηση του πίνακα (αρχικοποίηση με βάση τους πίνακες της Ελλάδος και του Ηνωμένου Βασιλείου).

#### 4.2.8 Δημόσια κατανάλωση και φορολογία

Η τελική κατανάλωση του δημόσιου τομέα καλύπτει τις δαπάνες εκτός κεφαλαιουχικών αγαθών που γίνονται τόσο από τον κεντρικό όσο και από τον τοπικό δημόσιο τομέα. Ο πίνακας χρήσης περιλαμβάνει τη δημόσια κατανάλωση ανά προϊόν. Το υπόδειγμα GEM-E3 καλύπτει όλους τους τύπους φόρων. Αυτοί συγκεντρώνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: i) Έμμεσοι φόροι, ii) Φόροι προστιθέμενης αξίας<sup>48</sup>, iii) Επιδοτήσεις και iv) Δασμοί. Η ανάλυση των φόρων σε αυτό το επίπεδο δεν είναι διαθέσιμη από τους πίνακες εισροών εκροών, καθώς οι πίνακες αυτοί εμφανίζουν το σύνολο των φόρων που έχουν πληρωθεί ανά κλάδο. Με την χρήση των δεδομένων που είναι διαθέσιμα από τους εθνικούς λογαριασμούς είναι εφικτός ο υπολογισμός του ύψους κάθε φορολογικού εσόδου/δαπάνης ξεχωριστά. Το σύνολο των αντίστοιχων φόρων κατανέμεται στους κλάδους ανάλογα με τους διαθέσιμους φορολογικούς συντελεστές. Τα μεγέθη που προκύπτουν κανονικοποιούνται στο σύνολο των φόρων ανά κλάδο που περιγράφονται από τους πίνακες εισροών εκροών.

#### 4.2.9 Επενδύσεις

Η στήλη επενδύσεις στον πίνακα εισροών εκροών περιγράφει την τελική ζήτηση επενδυτικών προϊόντων του οικονομικού συστήματος και όχι την επένδυση κάθε κλάδου. Η τελευταία προκύπτει από τους εθνικούς λογαριασμούς. Η μετατροπή των επενδύσεων κάθε κλάδου σε ζήτηση για επενδυτικά προϊόντα γίνεται μέσω του πίνακα επενδύσεων του οποίου οι διαστάσεις είναι  $pr$  ανά  $br$  (όπου  $pr$ : προϊόν και  $br$ : κλάδος).

Πίνακας 4-5: Πίνακας Επένδυσης – Ηνωμένο Βασίλειο - έτος 2000 - (εκατ.€)

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Σύνολο
Γεωργία	677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	677
Άνθρακας	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Πετρέλαιο	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φυσικό αέριο	7	1	23	10	7	6	13	7	7	13	9	29	10	41	83	52	383	79	778
Ηλεκτρισμός	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σιδηρούχα & μη σιδηρ. μέταλλα	67	5	213	91	64	56	127	68	62	120	88	269	92	385	784	492	3606	742	7330
Χημική βιομηχανία	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	2	12	2	24
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	4	0	12	5	3	3	7	4	3	7	5	15	5	21	42	27	195	40	397
Ηλεκτρικά αγαθά	157	13	498	213	149	130	297	160	144	281	206	629	215	901	1833	1151	8433	1735	17145
Εξοπλισμός μεταφορών	209	17	663	283	199	173	396	212	191	373	274	837	286	1199	2439	1532	11223	2309	22816
Λοιπά εξοπλιστικά αγαθά	454	37	1440	614	380	376	859	461	416	811	595	1817	622	2602	5294	3325	24364	5014	49481
Κατ'κά αγαθά	82	7	261	111	78	68	155	83	75	147	108	329	113	471	958	602	4409	907	8963
Κατασκευές	1077	87	3413	1456	1116	892	2036	1093	985	1922	1411	4308	1475	6170	12553	7884	57769	11887	117537
Τηλεπ/νίες	2	0	7	3	2	2	4	2	2	4	3	9	3	13	27	17	123	25	250
Μεταφορές	12	1	39	16	12	10	23	12	11	22	16	49	17	70	142	89	653	134	1328
Χρημα/κές & ασφ/κές υπηρεσίες	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	1	11
Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	322	26	1020	435	274	266	609	327	295	574	422	1288	441	1844	3752	2356	17265	3553	35069
Μη αγοραίες υπηρεσίες	16	1	52	22	16	14	31	17	15	29	21	65	22	94	190	119	876	180	1780
Επένδυση ανα κλάδο	3088	196	7641	3259	2300	1996	4558	2447	2206	4303	3159	9644	3301	13812	28101	17648	129316	26610	263585

Πίνακες επενδύσεων ήταν διαθέσιμοι μόνο για την Ελλάδα και το Ηνωμένο Βασίλειο. Για τον υπολογισμό των πινάκων επενδύσεων των υπόλοιπων πινάκων εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος RAS.

#### 4.2.10 Εμπόριο αγαθών & υπηρεσιών

Οι εξαγωγές στο υπόδειγμα αποτιμώνται σε τιμές f.o.b (free on board) ενώ οι εισαγωγές σε τιμές c.i.f. (cost-insurance-freight). Για την κατασκευή της μήτρας των διμερών εμπορικών συναλλαγών χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων COMEXT για το έτος 2000. Τα δεδομένα της βάσης αφορούν μόνο το διμερές εμπόριο αγαθών. Προκειμένου να υπολογιστεί το διμερές εμπόριο υπηρεσιών χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες μήτρες από τη βάση δεδομένων GTAP. Η μήτρα εμπορίου που προέκυψε δεν ήταν συμβατή με τα στοιχεία εμπορίου που ήταν διαθέσιμα από τους πίνακες εισροών εκροών, έτσι εφαρμόστηκε ο

αλγόριθμος RAS ώστε να προσαρμοστεί η μήτρα εμπορίου στα σύνολα εισαγωγών εξαγωγών που περιγράφονται από τους πίνακες εισροών εκροών.

Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι το εμπόριο στη βάση δεδομένων GTAP αποτελείται από δύο στοιχεία: δαπάνες σε αγαθά και υπηρεσίες και εμπορικά περιθώρια. Οι εξαγωγές τιμολογούνται σε fob τιμές αφού έχουν αφαιρεθεί οι τιμές εξαγωγής ενώ οι δαπάνες για υπηρεσίες μεταφοράς αποτιμώνται ξεχωριστά (το ίδιο ισχύει και στις εισαγωγές). Επομένως υπάρχουν δύο μέρη στο εμπορικό ισοζύγιο της κάθε χώρας όπου το ένα αφορά στις υπηρεσίες μεταφοράς και το δεύτερο στο εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών μεταξύ χωρών.

### 4.3 Προσαρμογή δεδομένων της έκδοσης GEM-E3-World

Η βάση δεδομένων GTAP (Global Trade Analysis Project) έκδοση 6 του πανεπιστημίου PURDUE χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να κατασκευαστούν οι πίνακες εισροών εκροών της παγκόσμιας έκδοσης του υποδείγματος GEM-E3. Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει όλες τις οικονομίες του κόσμου αθροισμένες σε 87 περιοχές και 57 κλάδους ενώ όλα τα δεδομένα είναι εκφρασμένα στις αρχές αποτίμησης του GTAP:

- i. *Τιμή παραγωγού*: κόστος ενδιάμεσων και πρωταρχικών συντελεστών παραγωγής + φόροι στην παραγωγή.
- ii. *Τιμή αγοράς*: Τιμές παραγωγού + φόροι επί του προϊόντος + φόροι παραγωγού
- iii. *Παγκόσμιες τιμές (f.o.b.)*: Τιμές αγοράς + φόροι εξαγωγής
- iv. *Παγκόσμιες τιμές (c.i.f.)*: Τιμές αγοράς + φόροι εξαγωγής + c.i.f.

Εκ κατασκευής της βάσης δεδομένων ο νόμος της μίας τιμής δεν ισχύει (οι τιμές αγοραστού ενός προϊόντος δεν είναι ίδιες μεταξύ των διαφορετικών κλάδων στους οποίους πωλείται). Προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνέπεια των δεδομένων του GTAP με την σύμβαση του πίνακα εισροών εκροών του GEM-E3 γίνεται μετασχηματισμός των δεδομένων με βάση τον χειρισμό των έμμεσων φόρων.

Τα επιπλέον δεδομένα που είναι απαραίτητα για την παγκόσμια έκδοση του GEM-E3 και δεν ήταν διαθέσιμα από το GTAP αντλήθηκαν από τις ακόλουθες πηγές: ιδιωτική κατανάλωση ανά σκοπό (ΟΟΣΑ), επένδυση ανά κλάδο (ΟΟΣΑ), ενεργός πληθυσμός (ILO),

επιτόκια (ΔΝΤ). Οι συναλλαγές μεταξύ των θεσμικών τομέων που περιγράφονται στο GTAP δεν έχουν την απαραίτητη λεπτομέρεια που απαιτείται από το υπόδειγμα. Για τον υπολογισμό των συναλλαγών αυτών χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται από τους [2]. Η γενική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε προκειμένου να κατασκευαστούν οι πίνακες εισροών εκροών αναφέρεται στους [1], [2] και [5]. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει κατά κύριο λόγο τα ακόλουθα βήματα:

- i. Στρογγυλοποίηση δεδομένων: Οι συντελεστές φορολογίας στρογγυλοποιούνται στο πλησιέστερο δεκαδικό ψηφίο και οι πολύ μικρές τιμές (κοντά στο μηδέν) αφαιρούνται από την ενδιάμεση παραγωγή και το εμπόριο.
- ii. Μεταχείριση των έμμεσων φόρων με τέτοιο τρόπο ώστε να τηρούνται οι συμβάσεις του πίνακα εισροών εκροών του **GEM-E3**.
- iii. Απαλοιφή του αντιπροσωπευτικού νοικοκυριού (υπό την έννοια που ορίζεται στο **GTAP**) από κάθε χώρα.

Διόρθωση των φορολογικών συντελεστών που ξεπερνούν συγκεκριμένα άνω όρια. Αυτοί οι φορολογικοί συντελεστές αφορούν κυρίως σε φόρους στην ενδιάμεση παραγωγή, επιδοτήσεις επί της παραγωγής και των εισαγωγών και δασμούς στις εισαγωγές. Επειδή οι αλλαγές αυτές παραβιάζουν την ισορροπία του πίνακα εισροών εκροών μια τροποποιημένη τεχνική ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να εξασφαλιστεί η ισορροπία των πινάκων.

#### 4.3.1 Υπολογισμός φόρων στο GTAP

Πρέπει να σημειωθεί ότι το GTAP δεν περιέχει ρητά τους συντελεστές φορολογίας. Ο υπολογισμός τους γίνεται με την προσθαφαίρεση μεταβλητών που είναι εκφρασμένες σε τιμές παραγωγού, αγοράς και διεθνείς. Με βάση τις ανωτέρω συμβάσεις κατέστην δυνατός ο υπολογισμός των ακόλουθων φορολογικών συντελεστών: φόρος παραγωγής ( $t_y$ ), φόρος εξαγωγής ( $t_x$ ), δασμοί εισαγωγών ( $t_m$ ), έμμεσοι φόροι ( $t_i$ ), φόροι συντελεστών παραγωγής ( $t_f$ ), φόροι επί της δημόσιας κατανάλωσης ( $t_g$ ) και φόροι επί της ιδιωτικής κατανάλωσης ( $t_p$ ). Ο υπολογισμός των φόρων με βάση τις μεταβλητές του GTAP έγινε ως εξής:

$$t_y = \frac{prodtax}{vom} ,$$



$$tx = \frac{vxwd - vxmd}{vxmd},$$

$$tm = \frac{(vims - vxmd) \cdot (1 + tx) - vtwr}{vxmd(1 + tx) + vtwr}$$

$$ti = \frac{vafa - vafm}{vafm},$$

$$tf = \frac{evfa - vfm}{vfm},$$

$$tg = \frac{vdga + viga - vdgm - vigm}{vdgm + vigm},$$

$$tp = \frac{vdpa + vipa - vdpm - vipm}{vdpm + vipm}$$

όπου *prodtax*: φόροι επί της παραγωγής, *vom*: αξία της παραγωγής σε τιμές αγοράς, *vxwd*: αξία εξαγόμενων αγαθών από την περιοχή Γ στην περιοχή S σε παγκόσμιες τιμές, *vxmd*: αξία εξαγόμενων αγαθών από την περιοχή Γ στην περιοχή S σε τιμές αγοράς, *vims*: αξία εισαγόμενων αγαθών από την περιοχή Γ στην περιοχή S σε τιμές αγοράς, *vtwr*: κόστος μεταφοράς εμπορευμάτων, *vafa*: αξία ενδιάμεσης κατανάλωσης σε τιμές παραγωγού, *vafm*: αξία ενδιάμεσης κατανάλωσης σε τιμές αγοράς, *evfa*: αξία αμοιβών πρωτογενών συντελεστών παραγωγής σε τιμές παραγωγού, *vfm*: αξία αμοιβών πρωτογενών συντελεστών παραγωγής σε τιμές αγοράς, *vdga*: αξία δημόσιας κατανάλωσης εγχωρίως παραγόμενων αγαθών σε τιμές παραγωγού, *viga*: αξία δημόσιας κατανάλωσης εισαγόμενων αγαθών σε τιμές παραγωγού, *vdgm*: αξία δημόσιας κατανάλωσης εγχωρίως παραγόμενων αγαθών σε τιμές αγοράς, *vigm*: αξία δημόσιας κατανάλωσης εισαγόμενων αγαθών σε τιμές αγοράς, *vdpa*: αξία ιδιωτικής κατανάλωσης εγχωρίως παραγόμενων αγαθών σε τιμές παραγωγού, *vipa*: αξία ιδιωτικής κατανάλωσης εισαγόμενων αγαθών σε τιμές παραγωγού, *vdpm*: αξία ιδιωτικής κατανάλωσης εγχωρίως παραγόμενων αγαθών σε τιμές αγοράς, *vipm*: αξία ιδιωτικής κατανάλωσης εισαγόμενων αγαθών σε τιμές αγοράς.

### 4.3.2 Πίνακας εισροών εκροών GTAP

Παρακάτω περιγράφεται ο χειρισμός των δεδομένων του GTAP για την εξαγωγή του πίνακα εισροών εκροών. Οι δείκτες  $pr, br, r, s$  και  $pf$  αφορούν στο προϊόν, τον κλάδο, την περιοχή και τους πρωτογενείς συντελεστές παραγωγής αντίστοιχα.

Ο πίνακας ενδιάμεσης κατανάλωσης προκύπτει από:

$$IO_{br,br,r} = VDFM_{br,br,r} + VIFM_{br,br,r}$$

Η προστιθέμενη αξία (αμοιβή κεφαλαίου και εργασίας):

$$PF_{br,r} = VFM_{pf,br,r}$$

Η ιδιωτική και δημόσια κατανάλωση:

$$HC_{br,r} = VDPM_{br,r} + VIPM_{br,r}$$

$$GC_{br,r} = VDGM_{br,r} + VIGM_{br,r}$$

Η τελική ζήτηση για επενδύσεις:

$$INV_{br,r} = VDFM_{br,cgds,r} + VIFM_{br,cgds,r}$$

Η τελική ζήτηση εξαγωγών:

$$EXP_{br,r} = \sum_s VXMD_{br,r,s}$$

Η τελική ζήτηση εισαγωγών (cif):

$$IMP_{br,r} = \sum_{pr} VIWS_{pr,br,r}$$

Σύνολο εσόδων:

$$RECEIPT_{br,r} = \sum_{pr} IO_{br,pr,r} + HC_{br,r} + GC_{br,r} + INV_{br,r} + EXP_{br,r} + VST_{br,r}$$

Σύνολο δαπάνης:

$$SALE_{br,r} = \sum_{pr} IO_{pr,br,r} + PF_{br,r} + PT_{br,r} + ST_{br,r} + FT_{br,r} + IMP_{br,r}$$

**Πίνακας 4-6: Ο πίνακας εισροών εκροών του GEM-E3 εκφρασμένος με μεταβλητές GTAP**

	Commodities	Activities	Factors	R.H.	P.H.	Trade Tax	Sales Taxes	Factor Tax	Production Tax	Direct Tax	Government	Capital	Import Margin	Export Margin	Rest of the World
Commodities		VIAM + VDAM			VIPM + VDPM						VIGM+VDGM	VIIIM+VDIM		VST	VXWD
Activities	VOM														
Factors		VFM													
R.H.			EVOA - VDEP			TMTAX - TETAX	ISTAX + DSTAX	FTAX	PTAX	DTAX					
P.H.				YH											
Trade Tax	VIMS-VIWS + [VXWD-VXMD]														
Sales Taxes		VIAA-VIAM + [VDAA-VDAM]			VIPA - VIPM + [VDPA-VDPM]						VIGA - VIGM + [VDGA - VDGM]	VIIA - VIIIM + [VDIA - VDIM]			
Factor Tax		EVFA-VFM													
Production Tax		PRODTAX										PTAXINV			
Direct Tax			PTAXFACT												
Government				YG											
Capital			VDEP	SAVE											
Import Margin	VTWR													VTWR- VST	VWS - VTWR - VXWD
Export Margin													VTWR		
Rest of the World	VIWS-VTWR														

*ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4*

1. "The ESA-95 Input-Output Manual, Compilation and analysis", EC, Eurostat, 2002.
2. "Deriving a Global Social Accounting Matrix from GTAP Versions 5 and 6 Data", McDonald, Scott and Karen Thierfelder (2004), GTAP Technical Paper No. 22. Purdue University.
3. "Augmenting the GTAP Database with Data on Inter-Regional Transactions", Scott McDonald and Yontem Sonmez, presented at 7th Annual Conference on Global Economic Analysis, Washington, 2004.
4. "GTAPinGAMS: The GTAP 6 Dataset and Static Model", by T. Rutherford, GTAP, Purdue University, 2005.
5. Council Regulation (EC) No 448/98 of 16 February 1998 completing and amending Regulation (EC) No 2223/96 with respect to the allocation of financial intermediation services indirectly measured (FISIM) within the European system of national and regional accounts (ESA).
6. Commission Regulation (EC) No 1889/2002 of 23 October 2002 on the implementation of Council Regulation (EC) No 448/98 completing and mending Regulation (EC) No 2223/96 with respect to the allocation of financial intermediation services indirectly measured (FISIM) within the European System of national and regional Accounts (ESA).
7. ECB Monthly Bulletin – EURO Area Statistics Methodological Notes, " Ch. 3 – EURO Area Accounts" June 2007.
8. Toh, M.-H. (1998) The RAS approach to updating input–output matrices: an instrumental variables interpretation and analysis of structural change, *Economic Systems Research*, 10, pp. 63–78.
9. Mercenier J. and T.N. Srinivasan (1994): "Applied general equilibrium and economic development", University of Michigan Press
10. Stone, R. (1961) *Input–Output and National Accounts* (Paris, Organization for European Economic Cooperation).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## 5 Οι πρωτότυπες επεκτάσεις του υποδείγματος GEM-E3

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τις επεκτάσεις που σχεδιάστηκαν και ενσωματώθηκαν στο υπόδειγμα GEM-E3 στο πλαίσιο της διατριβής. Ο σχεδιασμός των συγκεκριμένων επεκτάσεων έγινε με γνώμονα το πεδίο εφαρμογής του υποδείγματος. Οι εφαρμογές αυτές αφορούν στην αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων πολιτικών μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (σε Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο επίπεδο), την μελέτη των επιπτώσεων από αύξηση των διεθνών τιμών ορυκτών καυσίμων, την μελέτη των επιπτώσεων από την εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και την μελέτη αναδιάρθρωσης του ενεργειακού χαρτοφυλακίου της Ε.Ε. Οι επεκτάσεις που κρίθηκαν αναγκαίες προκειμένου το υπόδειγμα να βελτιώσει τις προσομοιωτικές του ιδιότητες σε θέματα που αφορούν την κλιματική αλλαγή, την ενεργειακή πολιτική και την απασχόληση είναι:

### ι) Αναλυτική αναπαράσταση του ηλεκτρικού τομέα:

Μεταξύ των βιομηχανιών ο τομέας παραγωγής ηλεκτρισμού προσφέρει τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Οι μειώσεις αυτές μπορούν γίνουν είτε μέσω της χρήσης διαφορετικών καυσίμων είτε μέσω τεχνικής βελτίωσης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού. Έτσι η λεπτομερής αναπαράσταση του ηλεκτρικού τομέα<sup>49</sup> στο υπόδειγμα GEM-E3 είναι απαραίτητη προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών ανάλογα με το σενάριο πολιτικής που εξετάζεται. Όσο αφορά στον αριθμό των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού, ένας μικρός αριθμός (χρήση μιας αντιπροσωπευτικής τεχνολογίας ανά κατηγορία) επαρκεί για να δώσει μια ρεαλιστική εικόνα του τρόπου αντίδρασης του ενεργειακού συστήματος σε συγκεκριμένες ενεργειακές πολιτικές. Η παραμετροποίηση της επέκτασης αυτής αφορά στην σύνθεση bottom-up τεχνικοοικονομικών δεδομένων και top-down μακροοικονομικών στατιστικών. Συγκεκριμένα

---

<sup>49</sup> Στην κύρια έκδοση του υποδείγματος ο ηλεκτρικός τομέας αποτελεί έναν αθροιστικό κλάδο στον οποίο δεν γίνεται καμία διάκριση όσο αφορά στον τρόπο παραγωγής του ηλεκτρισμού

τα ιδιαίτερα τεχνικοοικονομικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν την κάθε τεχνολογία πρέπει να ενσωματωθούν στον πίνακα εισροών εκροών ο οποίος αποτελεί και την βάση δεδομένων του υποδείγματος. Η επέκταση αυτή του υποδείγματος βελτιώνει τις προσομοιωτικές του δυνατότητες τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα (π.χ. επένδυση σε νέες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού ανάλογα με τις προσδοκίες για την ζήτηση του ηλεκτρισμού, την μεταβολή του κόστους κεφαλαίου και καυσίμων). Επιπλέον με την επέκταση αυτή το υπόδειγμα θα έχει την δυνατότητα να ενσωματώνει τεχνολογίες οι οποίες πρόκειται να διεισδύσουν στον κλάδο της ηλεκτροπαραγωγής μόνο μελλοντικά. Η λεπτομερής αναπαράσταση των τεχνολογιών δίνει επιπλέον την δυνατότητα προσομοίωσης της μεταβολής στο κόστος παραγωγής που προκαλείται από την ύπαρξη οικονομικών κλίμακας αλλά και έρευνας και ανάπτυξης (χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο για τις νέες τεχνολογίες). Η επέκταση αυτή κρίνεται απαραίτητη για την συνεπή αξιολόγηση τόσο των διαφορετικών πολιτικών μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αλλά ιδιαίτερα για την μελέτη αναδιάρθρωσης του ενεργειακού χαρτοφυλακίου της Ε.Ε.

ii) ενσωμάτωση όλων των αερίων του θερμοκηπίου και των αντίστοιχων καμπυλών οριακής μείωσης (marginal abatement cost curves):

Τα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί προκειμένου να μελετηθεί το κόστος πολιτικών κλιματικής αλλαγής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε Integrated Assessment Models (IAM), μοντέλα γενικής ισορροπίας και ενεργειακά μοντέλα μερικής ισορροπίας. Μέχρι σήμερα μόνο τα IAM υποδείγματα καλύπτουν όλα τα αέρια του θερμοκηπίου όπως αυτά χαρακτηρίζονται από το πρωτόκολλο του Κιότο (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>). Τα υποδείγματα αυτά όμως δεν παρέχουν πλήρη λεπτομέρεια όσον αφορά στις επιλογές μείωσης και στα κόστη που συνεπάγονται αυτές οι επιλογές. Υποδείγματα γενικής ισορροπίας και κυρίως αυτά που αναπτύσσονται στις ΗΠΑ (π.χ. EPPA) καλύπτουν τα αέρια του θερμοκηπίου αλλά δεν περιλαμβάνουν λεπτομερείς οριακές καμπύλες μείωσης (marginal abatement cost curves). Η έλλειψη των Non-CO<sub>2</sub> αερίων του θερμοκηπίου από την ανάλυση πολιτικών μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ενδέχεται να οδηγήσει σε υπερέτιμηση του κόστους προσαρμογής. Για την συνεπή αξιολόγηση των πολιτικών κλιματικής αλλαγής είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση όλων των αερίων του

θερμοκηπίου και των αντίστοιχων καμπυλών οριακής μείωσης στην παγκόσμια έκδοση του υποδείγματος GEM-E3.

### iii) εισαγωγή μηχανισμού εξαντλήσιμων πόρων

Στην βασική έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 η εξόρυξη και επεξεργασία των ορυκτών καυσίμων ανήκαν στον ίδιο κλάδο του οποίου η παραγωγή δεν επηρεαζόταν από το πεπερασμένο όριο των αποθεμάτων (τα αποθέματα θεωρούνταν μη εξαντλήσιμα). Δεδομένης όμως της σημασίας των κλάδων αυτών και της σημασίας των αποθεμάτων στην διαμόρφωση της τιμής τους κρίθηκε απαραίτητη ο επανασχεδιασμός των κλάδων εξαντλήσιμων πόρων στο υπόδειγμα. Συγκεκριμένα οι κλάδοι εξόρυξης ορυκτών καυσίμων (ιδιαίτερα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) δεν μπορούν να αναπαριστώνται όπως οι υπόλοιποι βιομηχανικοί κλάδοι, ο σχεδιασμός των κλάδων αυτών θα πρέπει να ενσωματώνει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του κλάδου αυτού που είναι η εξάντληση των αποθεμάτων. Στην επέκταση που υλοποιήθηκε στην βασική έκδοση του υποδείγματος GEM-E3, γίνεται σε πρώτο στάδιο ο διαχωρισμός των κλάδων εξόρυξης και των κλάδων εκμετάλλευσης, σε δεύτερο στάδιο το λειτουργικό πλεόνασμα κάθε κλάδου διαχωρίζεται στις αμοιβές του κεφαλαίου και στις αμοιβές (rents) των αποθεμάτων έτσι ώστε τα αποθέματα να αποτελέσουν ξεχωριστή εισροή στην συνάρτηση παραγωγής του κλάδου και στο τελευταίο στάδιο επανασχεδιάζονται οι συναρτήσεις ζήτησης και παραγωγής του κλάδου.

### iv) εισαγωγή ατελειών στην αγορά εργασίας

Παρά το γεγονός ότι οι επιπτώσεις στην απασχόληση αποτελούν το κύριο σημείο αναφοράς και αξιολόγησης πολλών μέτρων πολιτικής τα περισσότερα υποδείγματα γενικής ισορροπίας δεν είναι σε θέση να αναπαραστήσουν την έννοια της μη ηθελημένης ανεργίας. Στην βασική έκδοση του υποδείγματος η προσφορά εργασίας προκύπτει μέσω της απόφασης του καταναλωτή για κατανάλωση, αποταμίευση και ελεύθερο χρόνο. Στο υπόδειγμα η αγοράς εργασίας είναι τελείως ανταγωνιστική και οι μισθοί προσαρμόζονται έτσι ώστε η προσφορά εργασίας να ισούται με την ζήτηση εργασίας. Επομένως η μόνη ανεργία που προέκυπτε από το υπόδειγμα ήταν η εθελοντική ανεργία και αφορούσε στην επιλογή του ελεύθερου χρόνου από τα νοικοκυριά. Είναι ξεκάθαρο όμως ότι υπάρχουν

ατέλειες στην αγορά εργασίας οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την διαμόρφωση μισθών υψηλότερων από το σημείο πλήρους εκκαθάρισης της αγοράς. Προς αυτήν την κατεύθυνση το υπόδειγμα GEM-E3 επεκτάθηκε προκειμένου να μπορέσει να αναπαραστήσει με πιο ρεαλιστικό τρόπο την ύπαρξη μη ηθελημένης ανεργίας. Η μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετήθηκε προκειμένου να γίνει η επέκταση αυτή είναι αυτή των μισθών αποδοτικότητας, Shapiro & Stiglitz (1984).

v) εισαγωγή ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού στην αγορά προϊόντος.

Σχεδιασμός και κατασκευή παγκόσμιου μοντέλου γενικής ισορροπίας (πάνω σε υπάρχον μοντέλο) που περιλαμβάνει ολιγοπωλιακό ανταγωνισμό επιχειρήσεων τύπου Nash-Cournot και μη σταθερές οικονομίες κλίμακας στην τεχνολογία παραγωγής των επιχειρήσεων.

vi) κατασκευή αναλυτικού σεναρίου αναφοράς τόσο για την ευρωπαϊκή όσο και για την παγκόσμια έκδοση του υποδείγματος.

Έπειτα από την ενσωμάτωση των νέων επεκτάσεων αλλά και από την ανανέωση της βάσης δεδομένων του υποδείγματος GEM-E3 έπρεπε να αναπτυχθούν δύο σενάρια αναφοράς (ένα για την Ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος και ένα για την παγκόσμια). Το σενάριο αναφοράς έχει καθοριστικό ρόλο στην αποτίμηση των διαφορετικών σεναρίων πολιτικής καθώς κάθε σενάριο αξιολογείται με βάση τις μεταβολές το οποίο αυτό επιφέρει σε μια σειρά δεικτών σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η κατασκευή του σεναρίου αναφοράς αφορά στις υποθέσεις για την πιο πιθανή εξέλιξη όλων των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στο υπόδειγμα. Αυτό το καθιστά ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία καθώς από την μία πρέπει να γίνουν οι υποθέσεις εξέλιξης της παγκόσμιας και ευρωπαϊκής οικονομίας τόσο σε κλαδικό όσο και σε εθνικό επίπεδο και από την άλλη να χρησιμοποιηθούν τέτοιες παραγωγικότητες που θα είναι σύμφωνες με τις τιμές της βιβλιογραφίας αλλά και με τους στόχους του υποδείγματος.

## **5.1 Η αναλυτική αναπαράσταση του ηλεκτρικού τομέα**

Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας έχουν δεχθεί έντονη κριτική για τον απλουστευμένο τρόπο που περιγράφουν το ενεργειακό σύστημα. Ο κλάδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναπαρίσταται στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας ως ένας ενιαίος κλάδος



(δίχως να γίνεται διάκριση των επιμέρους τεχνολογιών), και η παραγωγή ηλεκτρισμού περιγράφεται από μια αθροιστική συνάρτηση παραγωγής. Αυτή η αναπαράσταση αδυνατεί να ενσωματώσει βασικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού κλάδου αποδυναμώνοντας έτσι την αξιοπιστία προσομοιώσεων σχετικών με ενεργειακές πολιτικές. Τα bottom-up υποδείγματα που ενσωματώνουν λεπτομερώς τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά παραγωγής, εμπορίας και κατανάλωσης ηλεκτρισμού αγνοούν την αλληλεπίδραση του ενεργειακού τομέα με την υπόλοιπη οικονομία. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου που περιλαμβάνει την διασύνδεση των αγορών που προσφέρουν τα top down υποδείγματα με την λεπτομερή αναπαράσταση του ενεργειακού κλάδου που προσφέρουν τα bottom-up υποδείγματα αποτελεί μέχρι και σήμερα αντικείμενο έρευνας αφετηρία της οποίας υπήρξε το υβριδικό CGE υπόδειγμα του Alan Manne (1977)<sup>50</sup>.

Πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί για να προσφέρουν τη σύνδεση μεταξύ των αναλυτικών ενεργειακών υποδειγμάτων και των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας. Οι προσεγγίσεις αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. **Ενιαία αντιμετώπιση:** ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών των ενεργειακών υποδειγμάτων στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας. Τέτοιες προσεγγίσεις βασίζονται στη μοντελοποίηση του ενεργειακού κλάδου υπό την μορφή προβλήματος μεικτής συμπληρωματικότητας (βλ. **Cottle και Pang, 1992, Rutherford, 1995**).
2. **Επαναληπτική διαδικασία:** τα υποδείγματα αναπτύσσονται ξεχωριστά (**Boehring & Rutherford (2006), Bergmann (1990), Hudson and Jorgenson (1974)**) και τα αποτελέσματα του κάθε υποδείγματος αναλύονται έτσι ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν σαν είσοδος στο άλλο.

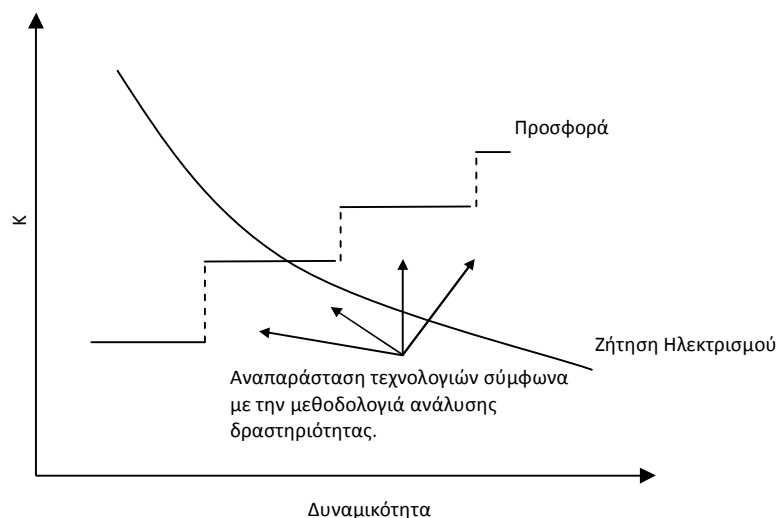
Χαρακτηριστικό υπόδειγμα της πρώτης κατηγορίας είναι αυτό του Boehring (1998) όπου οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θεωρούνται ξεχωριστές δραστηριότητες

---

<sup>50</sup> **ETA** – υπόδειγμα που αφορούσε στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. και ήταν συνδεδεμένο με ένα μακροοικονομικό υπόδειγμα ενός κλάδου εφαρμόζοντας μη γραμμική αριστοποίηση.

ενός προβλήματος μαθηματικού προγραμματισμού του ηλεκτρικού τομέα, το οποίο είναι ενσωματωμένο στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας. Ειδικότερα η προσέγγιση του βασίζεται στην ανάλυση δραστηριότητας του Koormans (1951) και οι συναρτήσεις παραγωγής που χρησιμοποιούνται είναι σταθερών συντελεστών παραγωγής (Leontief). Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και οι McFarland et al. (2002), EPPA model οι οποίοι προτείνουν ένα σύστημα παραγωγής που βασίζεται στις συναρτήσεις CES. Βασικό στοιχείο στο υπόδειγμα τους αποτελεί η χρήση τεχνικοοικονομικών δεδομένων προκειμένου να υπολογίσουν και να προσαρμόσουν στο έτος βάσης του υποδείγματος τις συναρτήσεις αυτές. Τα βασικά μειονεκτήματα των δύο αυτών περιπτώσεων αφορά στον τρόπο προσδιορισμού των επενδυτικών αποφάσεων των κλάδων ηλεκτροπαραγωγής. Συγκεκριμένα είτε γίνεται χρήση στατικού υποδείγματος όπου οι επενδυτικές αποφάσεις της επιχείρησης δεν λαμβάνονται υπ' όψιν είτε η επένδυση προσδιορίζεται πρώτα στο σύνολο του ηλεκτρικού κλάδου και έπειτα κατανέμεται στις διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής με βάση μια συνάρτηση logit. Επίσης στην περίπτωση του Boehringer (1998) η αναπαράσταση της παραγωγής με μη συνεχείς συναρτήσεις έχει ως αποτέλεσμα την απότομη αλλαγή στο μείγμα των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, περιγράφοντας τη μετάβαση από τη μια τεχνολογία στην άλλη με μη ρεαλιστικό τρόπο Σχήμα 5-1.

Σχήμα 5-1: “Knife edge” μετάβαση μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών.

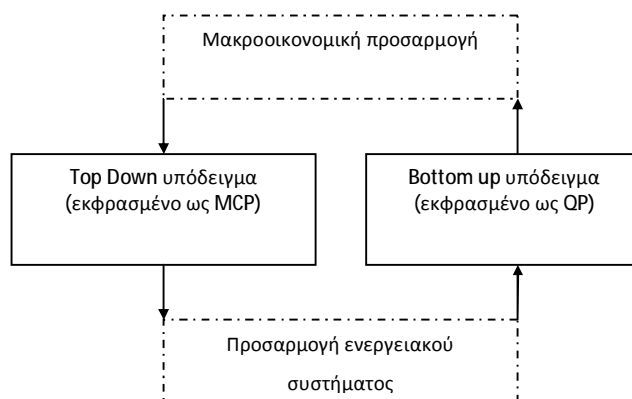


Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται κυρίως στην μέθοδο όπου το ενεργειακό υπόδειγμα μερικής ισορροπίας και το υπόδειγμα γενικής ισορροπίας αποτελούν ξεχωριστά μοντέλα τα

οποία συνδέονται μέσω μίας επαναληπτικής διαδικασίας κατά την οποία τα αποτελέσματα του ενός χρησιμοποιούνται ως είσοδος στο άλλο. Συγκεκριμένα η λύση των μεταβλητών του ενεργειακού συστήματος που αφορούν στην προσφορά ενέργειας χρησιμοποιείται ως είσοδος στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας του οποίου η λύση σχετικά με τα κλαδικά επίπεδα δραστηριότητας χρησιμοποιείται ως είσοδος στον ενεργειακό υπόδειγμα. Η επαναληπτική διαδικασία τροφοδότησης του ενός υποδείγματος με τα αποτελέσματα του άλλου συνεχίζεται έως ότου τα δύο υποδείγματα συγκλίνουν. Συγκεκριμένα στους Boehringe & Rutherford (2006) το υπόδειγμα γενικής ισορροπίας εκφράζεται και επιλύεται ως πρόβλημα μεικτής συμπληρωματικότητας ενώ το ενεργειακό υπόδειγμα εκφράζεται και λύνεται ως πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού (QP). Έπειτα οι τιμές και οι ποσότητες ισορροπίας εναρμονίζονται μεταξύ των δύο μοντέλων βάση μιας επαναληπτικής διαδικασίας (το Σχήμα 5-2 περιγράφει την διαδικασία αυτή).

Η επέκταση που εφαρμόστηκε στο υπόδειγμα GEM-E3 αφορά στην πρώτη κατηγορία, στην ενσωμάτωση δηλαδή των κλάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο υπόδειγμα. Ο τρόπος που επιλέχθηκε να γίνει η επέκταση αυτή αφορά στον διαχωρισμό του αρχικού κλάδου παραγωγής στις διαφορετικές τεχνολογίες που τον απαρτίζουν. Η κάθε τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρισμού αντιμετωπίστηκε ως ξεχωριστός κλάδος στο υπόδειγμα με συνεχείς συναρτήσεις παραγωγής τύπου CES. Η επενδυτική συμπεριφορά των κλάδων αυτών είναι πανομοιότυπη με τους υπόλοιπους κλάδους της οικονομίας όπως έχει ήδη περιγραφεί στην ενότητα 3.4. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι η εξασφάλιση της συνέπειας με το μαθηματικό πλαίσιο της γενικής ισορροπίας.

**Σχήμα 5-2: Σύνδεση bottom-up και top-down υποδειγμάτων.**



### 5.1.1 Τεχνικοοικονομικά δεδομένα της ηλεκτροπαραγωγής

Προκειμένου να διασπαστεί ο ενιαίος ηλεκτρικός τομέας που περιγράφεται από τον πίνακα κοινωνικής λογιστικής του υποδείγματος αντλήθηκαν τεχνικοοικονομικές πληροφορίες από την τεχνολογική βάση δεδομένων TECHPOL, την ενεργειακή βάση δεδομένων ENERDATA και από την βάση δεδομένων του ενεργειακού υποδείγματος POLES<sup>51</sup> και PRIMES.

Οι τεχνολογίες που εισήχθησαν στο υπόδειγμα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 5-1: Τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στο υπόδειγμα GEM-E3**

No	Όνομα	Περιγραφή
1	COA	Συμβατικός θερμικός σταθμός άνθρακα
2	CCO	Supercritical (άνθρακας)
3	ICO	Αεριοποίηση άνθρακα
4	GS1	Συμβατικός θερμικός σταθμός φυσικού αερίου
5	GS2	Σταθμός φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου
6	OL1	Συμβατικός θερμικός σταθμός πετρελαίου
7	NK1	Πυρηνικός σταθμός(2 <sup>ης</sup> - 3 <sup>ης</sup> ) γενιάς
8	NK2	Πυρηνικός σταθμός(4 <sup>ης</sup> ) γενιάς
9	BGT	Βιομάζα
10	HD1	Υδροηλεκτρικά
11	WID	Ανεμογεννήτριες
12	SPP	Ηλιακά θερμικά
13	DPV	Φωτοβολταϊκά

Οι παραπάνω τεχνολογίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

ι) σε αυτές που υπάρχουν στο έτος βάσης και η διείσδυσή τους στην αγορά θεωρείται ώριμη:

- Συμβατικός θερμικός σταθμός άνθρακα
- Συμβατικός θερμικός σταθμός φυσικού αερίου
- Συμβατικός θερμικός σταθμός πετρελαίου
- Πυρηνικός σταθμός (2<sup>ης</sup> - 3<sup>ης</sup>) γενιάς

---

<sup>51</sup> Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τεχνικο-οικονομικά στοιχεία της βάσης δεδομένων του POLES όπως αυτά αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος “Cascade Mints Contract No SSP6-CT-2003-502445”

- Υδροηλεκτρικά

ii) σε νέες τεχνολογίες όπου η διείσδυση τους στην αγορά είναι αρκετά μικρή:

- **Supercritical coal**
- Αεριοποίηση άνθρακα
- Σταθμός φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου
- Πυρηνικός σταθμός (4<sup>ης</sup>) γενιάς
- Βιομάζα
- Ανεμογεννήτριες
- Ηλιακά θερμικά
- Φωτοβολταϊκά

Τα απαιτούμενα τεχνικοοικονομικά δεδομένα για τις παραπάνω τεχνολογίες αφορούν τις εξής κατηγορίες i) κόστη παραγωγής, ii) μερίδια στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και iii) μερίδιο κόστους διανομής και μετάδοσης στο συνολικό κόστος παραγωγής.

### 5.1.2 Κόστος παραγωγής και μερίδια αγοράς

Οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χαρακτηρίζονται από διαφορετικές δομές κόστους και αποδοτικότητες μετατροπής. Τα δεδομένα που αφορούν στο κόστος κεφαλαίου, εργασίας και καυσίμων είναι κρίσιμα αφού αυτά είναι που θα καθορίσουν στο υπόδειγμα το πώς οι αλλαγές στις τιμές των συντελεστών παραγωγής θα επηρεάσουν την κάθε τεχνολογία. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού το διακρίνουμε σε i) Κόστος επένδυσης – κεφαλαιουχικό κόστος ii) Έξοδα λειτουργίας και συντήρησης iii) Κόστος καυσίμων. Τα δεδομένα για τα κόστη αυτά αντλήθηκαν από την τεχνολογική βάση δεδομένων *TECHPOL*. Η ακριβής δομή του κόστους όπως αυτή εισήχθη στο υπόδειγμα παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2.

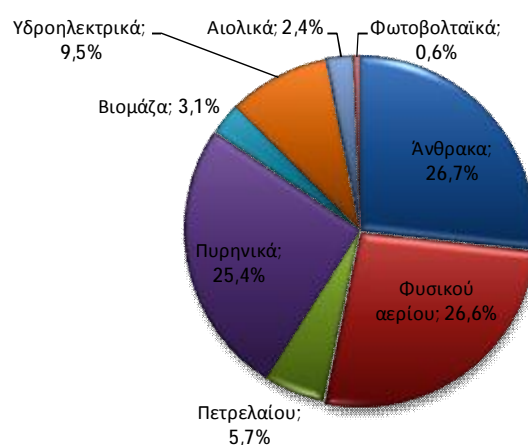
**Πίνακας 5-2: Δομή κόστους τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού (% μερίδια)**

	Καύσιμα				Αγροτικός τομέας
	Κεφάλαιο	Εργασία	Άνθρακας	Πετρέλαιο Φ. Αέριο	
Συμβατικός θερμικός σταθμός άνθρακα	0,46	0,26	0,28		
Supercritical (άνθρακας)	0,51	0,25	0,24		
Αεριοποίηση άνθρακα	0,53	0,28	0,19		
Συμβατικός θερμικός σταθμός φυσικού αερίου	0,21	0,1		0,69	
Σταθμός φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου	0,15	0,11		0,74	
Συμβατικός θερμικός σταθμός πετρελαίου	0,22	0,11		0,67	
Πυρηνικός σταθμός(2 <sup>ης</sup> - 3 <sup>ης</sup> ) γενιάς	0,78	0,22			
Πυρηνικός σταθμός(4 <sup>ης</sup> ) γενιάς	0,86	0,14			
Βιομάζα	0,35	0,13			0,52
Υδροηλεκτρικά	0,87	0,13			
Ανεμογεννήτριες	0,84	0,16			
Ηλιακά θερμικά	0,92	0,08			
Φωτοβολταϊκά	0,97	0,03			

Πηγή: Υπολογισμοί με βάση τα δεδομένα της βάσης δεδομένων TECHPOL.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τα μερίδια αγοράς των τεχνολογιών στο έτος βάσης αντικατοπτρίζουν, θεωρητικά, μερίδια ισορροπίας: έτσι στην περίπτωση νέων τεχνολογιών που δεν υπήρχαν στο έτος βάσης αλλά αναμένεται να διεισδύσουν στην αγορά μελλοντικά θα πρέπει να εισαχθούν εξωγενώς ήδη από την πρώτη περίοδο της προσομοίωσης – έστω και με αρκετά μικρά μερίδια. Το μείγμα των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού για την ΕΕ27 παρατίθεται στο Σχήμα 5-3.

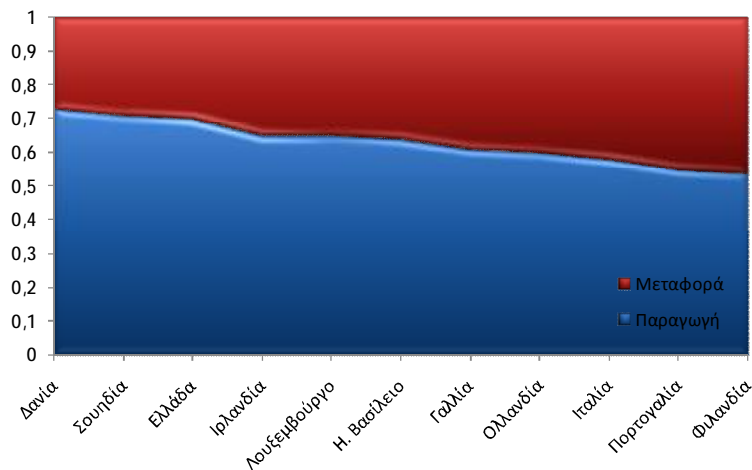
**Σχήμα 5-3: Παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ε.Ε.27 (2005)**



Προκειμένου να γίνει η διάκριση των διαφορετικών τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού πρέπει πρώτα να γίνει η διάσπαση του αρχικού κλάδου ηλεκτρισμού του GEM-E3 στο κλάδο

μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού και στον κλάδο παραγωγής ηλεκτρισμού. Τα σχετικά μερίδια του κόστους παραγωγής ηλεκτρισμού ως προς το κόστος της διανομής του για 11 χώρες της Ε.Ε. παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-4.

**Σχήμα 5-4: Μερίδια κόστους παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρισμού (1999)**



Πηγή: IEA (1999)

Τα σχετικά δεδομένα αντλήθηκαν από μελέτη της IEA (1999) και μελέτες του υπουργείου ενέργειας των ΗΠΑ. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά σε επίπεδο Ε.Ε. το κόστος παραγωγής του κλάδου ηλεκτρικής ενέργειας αφορά στο 60% του συνολικού κόστους παραγωγής ηλεκτρισμού ενώ το μερίδιο της διανομής και μεταφοράς στο συνολικό κόστος κυμαίνεται στο 40%.

### 5.1.3 Εναρμόνιση πινάκων εισροών εκροών με τεχνικοοικονομικά δεδομένα

Η ενσωμάτωση των τεχνικοοικονομικών δεδομένων κάθε τεχνολογίας στον πίνακα εισροών εκροών δεν μπορεί να γίνει άμεσα αφού και οι δύο πηγές δεδομένων έχουν αναπτυχθεί βάσει διαφορετικών κανόνων και προσεγγίσεων (πχ. οι συνθήκες μηδενικού κέρδους και της εκκαθάρισης των αγορών θα πρέπει να γίνουν συμβατές με τις αρχές μετατροπής ενέργειας που διέπουν τα ενεργειακά ισοζύγια). Παράλληλα η εναρμόνιση των δεδομένων πρέπει να είναι τέτοια που να ακολουθεί τις προδιαγραφές του μοντέλου έτσι ώστε είναι εφικτή η προσαρμογή του στις τιμές του έτους βάσης. Στο υπόλοιπο μέρος αυτής της ενότητας παραθέτουμε την τεχνική που εφαρμόστηκε προκειμένου να γίνει η εναρμόνιση

των δεδομένων, με την μικρότερη δυνατή απόκλιση μεταξύ των στοιχείων του πίνακα εισροών εκροών και των τεχνικοοικονομικών δεδομένων.

Ο αρχικός τομέας ηλεκτρικής ενέργειας του υποδείγματος χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες: i) στους κλάδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (τεχνολογίες ηλεκτρισμού) και ii) στον κλάδο μεταφοράς και διανομής που περιλαμβάνει επίσης εργασίες σχετικές με την συντήρηση του δικτύου και την διοίκηση.

Για να γίνει ο διαχωρισμός καθορίστηκε μια αντιστοίχιση μεταξύ των στοιχείων του πίνακα εισροών εκροών και των τεχνικοοικονομικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία των τεχνικοοικονομικών βάσεων δεδομένων κατανεμήθηκαν στις ακόλουθες ομάδες: i) κεφαλαιουχικό κόστος ii) σταθερό λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης iii) κόστος καυσίμων και iv) άλλα μεταβλητά κόστη και κόστη συντήρησης. Αυτές οι ομάδες αντιστοιχήθηκαν με τα στοιχεία του πίνακα εισροών εκροών όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5-3.

**Πίνακας 5-3: Αντιστοίχιση τεχνικοοικονομικών δεδομένων με τον πίνακα εισροών εκροών**

	Τεχνικοοικονομικά δεδομένα	Πίνακας εισροών εκροών
1	Ετησιοποιημένο κεφαλαιουχικό κόστος	Λειτουργικό πλεόνασμα
2	Κόστος καυσίμου	Εισροή καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρισμού
3	Άλλα μεταβλητά κόστη.	Υλικά
4	Σταθερά κόστη	Αμοιβή Εργασίας

Οι εξισώσεις (1), (2), (3) δείχνουν τον τρόπο που διασπάστηκε ο ενεργειακός τομέας στις δύο κατηγορίες που προαναφέρθηκαν (παραγωγή / διανομή & μετάδοση):

$$Q_r^{gen} = Q_r \cdot (1 - sh_r^{td}) \quad (1)$$

$$Q_r^{td} = Q_r \cdot sh_r^{td} \quad (2)$$

$$Q_{et,r}^{et} = Q_r^{gen} \cdot sh_{et,r}^{mkt} \cdot sh_{et,inp,r}^{cst} \quad (3)$$

όπου,  $r$  χώρες,  $et$  τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού,  $inp$  καύσιμα των τεχνολογιών (βιομάζα, άνθρακας πετρέλαιο, φυσικό αέριο),  $Q_r$  το συνολικό κόστος παραγωγής και διανομής ηλεκτρισμού,  $Q_r^{gen}$  το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού,  $Q_r^{td}$  το κόστος διανομής



και μεταφοράς,  $Q_{et,r}^{et}$  το κόστος καθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρισμού.,  $sh_r^{td}$  το μερίδιο της διανομής και μεταφοράς στο σύνολο της παραγωγής ηλεκτρισμού,  $sh_{et,r}^{mkt}$  το μερίδιο αγοράς κάθε τεχνολογίας,  $sh_{et,inp,r}^{cst}$  η δομή κόστους κάθε τεχνολογίας.

Ο Πίνακας 5-4 απεικονίζει τον διαχωρισμό του ηλεκτρικού τομέα του Η.Β. Ο πίνακας αυτός παρέχει τις εξής πληροφορίες: τα μερίδια που χρησιμοποιήθηκαν για τον διαχωρισμό σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε διανομή & μετάδοση, τα μερίδια αγοράς της κάθε τεχνολογίας, τα μερίδια κόστους που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε τεχνολογία, και οι επακόλουθες αποκλίσεις στο κεφάλαιο και στην εργασία (σημειωμένα με κόκκινο κύκλο). Στην περίπτωση του Η.Β. το εργατικό δυναμικό και το λειτουργικό πλεόνασμα που πρέπει να απασχολούν οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως προκύπτει από τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα) υπερβαίνουν τα στοιχεία των εθνικών λογαριασμών κατά 36% και 18% αντίστοιχα. Αντίστοιχες αποκλίσεις παρατηρούνται σε όλες τις χώρες της ΕΕ, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται τόσο από την αξιοπιστία των στατιστικών στοιχείων όσο και από τις υποθέσεις που έγιναν για την αντιστοίχιση των δύο βάσεων δεδομένων.

Πίνακας 5-4: Πίνακας διάσπασης κλάδου ηλεκτρισμού (Η.Β.) .

Αρχικές εισροές ηλεκτρισμού		Καύσιμα	Τεχνολογίες						Κλάδος T&D	Σύνολο	Απόκλιση	
			COA	GS2	OL1	NK1	BGT	HD1				WID
Άνθρακας	4327	Άνθρακας	4327							4327	0,0%	
Πετρέλαιο	704	Πετρέλαιο		704						704	0,0%	
Φ. Αέριο	2048	Φ. Αέριο		2048						2048	0,0%	
Αγροτ. Πρ.	0,02	Αγροτ. Πρ.				0,02				0,02	0,0%	
Υλικά	9379	Υλικά							9379	9379	0,0%	
		COA							46,3%	6166	21,2%	
		GS2							19,6%	2610	20,5%	
		OL1							5,2%	692	20,7%	
		NK1							26,8%	3569	20,4%	
		HD1							1,9%	253	21,7%	
		WID							0,2%	17	11,8%	
Κεφάλαιο	5500	Κεφάλαιο	2002	633	87	3357	0,01	267	16	375	6737	22,5%
Εργασία	2709	Εργασία	1144	463	44	940	0	41	3	1594	4229	56,1%

Από την στιγμή που οι εξισώσεις του υποδείγματος έχουν προσαρμοστεί στους πίνακες κοινωνικής λογιστικής, είναι λογικό να θεωρήσουμε τα μακροοικονομικά δεδομένα ως σταθερά και να προσαρμόσουμε τα μερίδια αγοράς και κόστους των τεχνολογιών. Ο σκοπός της εναρμόνισης είναι η επίτευξη της μικρότερης δυνατής απόκλισης από τα τεχνικοοικονομικά στοιχεία δίχως να μεταβληθούν τα στοιχεία που εμφανίζονται στον

πίνακα εισροών εκροών. Αυτό πρακτικά σημαίνει εξαφάνιση των 36% και 18% αποκλίσεων με την μικρότερη δυνατή αλλαγή των μεριδίων αγοράς και κόστους.

Για να επιτευχθεί η προσαρμογή των τεχνικοοικονομικών στοιχείων εφαρμόστηκε μια τεχνική βασισμένη στην μέθοδο της διασταυρούμενης εντροπίας (cross entropy). Η τεχνική αυτή δεν είναι εφικτό να εφαρμοστεί απευθείας σε όλες τις χώρες από τη στιγμή που τα στοιχεία κάθε χώρας παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες. Για παράδειγμα υπάρχουν περιπτώσεις όπου ενώ η χώρα χρησιμοποιεί τεχνολογίες με καύσιμο τη βιομάζα ο πίνακας εισροών εκροών δεν καταγράφει συναλλαγές μεταξύ αγροτικού και ηλεκτρικού τομέα. Αντίστοιχα τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα μπορεί να συνεπάγονται τέτοιες κατανομές κεφαλαίου που οδηγούν σε μη ρεαλιστικούς λόγους επενδύσεων προς κεφάλαιο. Το παραπάνω πρόβλημα ορίστηκε ως ένα μη γραμμικό πρόβλημα όπου μεταβλητές απόφασης αποτελούν τα τεχνικοοικονομικά στοιχεία και οι παράμετροι για τους περιορισμούς προκύπτουν από τους πίνακες εισροών εκροών.

Η γενική μαθηματική περιγραφή<sup>52</sup> της προσαρμογής των τεχνικοοικονομικών στοιχείων (Cross Entropy Method) είναι η εξής:

$$\min \sum_{j=K,L,M,F} \sum_{i=1}^n w_{j,i} \cdot \ln \left( \frac{y_{j,i}}{\bar{y}_{j,i}} \right)^2$$

s.t.

$$\sum_{ki} y_{ki} = K,$$

$$\sum_{li} y_{li} = L,$$

$$\sum_{mi} y_{mi} = M,$$

$$\sum_{fi} y_{fi} = F,$$

---

<sup>52</sup> Η αναλυτική περιγραφή των εξισώσεων παρατίθεται στο παράρτημα του κεφαλαίου αυτού.

όπου  $w$  είναι τα βάρη και  $y_{j,i}$  οι μεταβλητές. Τα βάρη  $w$  που χρησιμοποιεί η τεχνική δίνουν την δυνατότητα έμφασης στα διάφορα τεχνικοοικονομικά στοιχεία ανάλογα με την αξία της αρχικής πληροφορίας. Αν ένα συγκεκριμένο στοιχείο αποτελεί κρίσιμο προσδιοριστικό παράγοντα της τεχνολογίας ή θεωρείται πολύ ακριβές δεδομένο τότε επιλέγεται ένα υψηλό  $w$ . Επίσης η διαφοροποίηση των βαρών πρέπει να γίνει για να αποφευχθούν μεταξύ άλλων περιπτώσεις υπερ-προσδιορισμού.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της παραπάνω τεχνικής στα στοιχεία του Ηνωμένου Βασιλείου παρατίθενται στον Πίνακα 5-5. Οι περιορισμοί λειτουργικού πλεονάσματος και εργασίας ικανοποιούνται πλήρως εις βάρος της μεταβολής των μεριδίων αγοράς (το μερίδιο αγοράς πυρηνικών μειώθηκε κατά 4% ενώ υπήρξε αύξηση κατά 1% του μεριδίου των τεχνολογιών συμβατικής θερμικής ενέργειας από καύση πετρελαίου και αεριοστρόβιλων συνδυασμένου κύκλου) καθώς και των μεριδίων κόστους (το λειτουργικό πλεόνασμα και η εργασία στην πυρηνική τεχνολογία μειώθηκε κατά 24% και 17% αντίστοιχα).

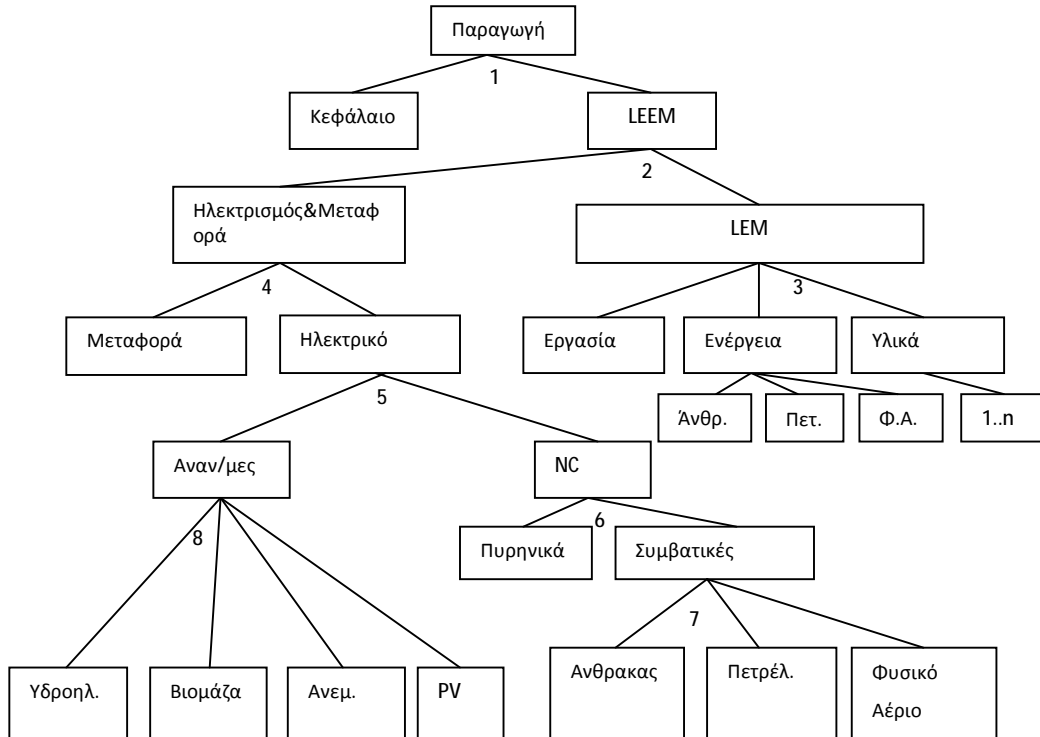
**Πίνακας 5-5: Ο τελικός πίνακας του Η.Β**

Καύσιμα	Τεχνολογίες							Κλάδος T&D	Σύνολο	Απόκλιση
	COA	GS2	OL1	NK1	BGT	HD1	WID			
Άνθρακας	4327								4327	0,0%
Πετρέλαιο			704						704	0,0%
Φ. Αέριο		2048							2048	0,0%
Αγροτ. Πρ.					0,02				0,02	0,0%
Υλικά								9379	9379	0,0%
COA								48,0%	6929	0,4%
GS2								21,0%	2979	0,0%
OL1								6,0%	825	0,0%
NK1								23,0%	3332	0,0%
HD1								2,0%	239	-0,4%
WID								0,0%	19	0,0%
Κεφάλαιο	1719	561	81	2615	0,01	204	16	304	5500	0,0%
Εργασία	909	370	40	717	0	34	3	636	2709	0,0%

#### 5.1.4 Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο υπόδειγμα GEM-E3

Η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στον πίνακα εισροών εκροών συνεπάγεται και προσαρμογή του ιεραρχικού δέντρου παραγωγής ηλεκτρισμού του υποδείγματος.

Σχήμα 5-5: Δένδρο παραγωγής ηλεκτρισμού.



Στο πρώτο επίπεδο αθροίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την παραγωγή και διανομή. Σε αυτό το επίπεδο η ελαστικότητα υποκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε είναι 0.1 αφού οι δύο αυτές δραστηριότητες θεωρούνται συμπληρωματικές. Η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι το CES άθροισμα του συνόλου των διακριτών τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το επίπεδο η ελαστικότητα υποκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε είναι 2.5 επιτρέποντας την ομαλή αλλαγή στο χαρτοφυλάκιο τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού. Στο τελευταίο επίπεδο της συνάρτησης παραγωγής βρίσκονται οι εισροές για τις τεχνολογίες παραγωγής (κεφάλαιο & εργασία για την περίπτωση των ανανεώσιμων και πυρηνικών και κεφάλαιο, εργασία και καύσιμα για τις όλες τις υπόλοιπες). Η ελαστικότητα που επιλέχθηκε σε αυτό το επίπεδο είναι χαμηλή προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι τα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας θα παραμείνουν αναλλοίωτα.

Παράλληλα η CES συνάρτηση παραγωγής του κλάδου διανομής και μεταφοράς τροποποιήθηκε έτσι ώστε να μπορεί να ενσωματώσει την αλλαγή μείγματος παραγωγής ηλεκτρισμού με μη οικονομικά κριτήρια αλλά και την μείωση στο κόστος παραγωγής που

μπορεί να προκύψει τόσο από οικονομίες κλίμακας όσο και από τη βελτίωση της υπάρχουσας τεχνολογίας.

Η συγκεκριμένη συναρτησιακή σχέση που χρησιμοποιήθηκε περιγράφεται παρακάτω, όπου  $d$  είναι τα μερίδια της συνάρτησης παραγωγής και  $m$  η παράμετρος που αντικατοπτρίζει την μείωση κόστους από εξωγενείς παράγοντες (learning by doing - learning by research).

$$El = \left( d^{ren} \cdot \left( \frac{REN}{REN} \right)^{r1} + d^{nc} \cdot \left( \frac{NC}{NC} \right)^{\frac{1}{r1}} \right) \quad [1]$$

$$REN = \left( d^{hyd} \cdot \left( \frac{HYD}{HYD} \right)^{r2} + d^{wnd} \cdot \left( \frac{WND}{WND} \right)^{r2} + d^{pv} \cdot \left( \frac{PV}{PV} \right)^{r2} + d^{bms} \cdot \left( \frac{BMS}{BMS} \right)^{\frac{1}{r2}} \right) \quad [2]$$

$$NC = \left( d^{nuc} \cdot \left( \frac{NUC}{NUC} \right)^{r3} + d^{cov} \cdot \left( \frac{COV}{COV} \right)^{\frac{1}{r3}} \right) \quad [3]$$

$$COV = \left( d^{coa} \cdot \left( \frac{COAf}{COAf} \right)^{r4} + d^{oil} \cdot \left( \frac{OILf}{OILf} \right)^{r4} + d^{gas} \cdot \left( \frac{GASf}{GASf} \right)^{\frac{1}{r4}} \right) \quad [4]$$

$$Q_{tec} = \left( m_{tec} \cdot d_{tec}^k \cdot \left( \frac{K_{tec}}{K_{tec}} \right)^{rr1} + d_{tec}^{lf} \cdot \left( \frac{LF_{tec}}{LF_{tec}} \right)^{\frac{1}{rr1}} \right) \quad [5]$$

$$LF_{tec} = \left( d_{tec}^l \cdot \left( \frac{L}{L} \right)^{rr2} + d_{tec}^{fuel} \cdot \left( \frac{Fuel}{Fuel} \right)^{\frac{1}{rr2}} \right) \quad [6]$$

$$Fuel_{tec} = \left( d_{tec}^{coal} \cdot \left( \frac{COAL}{COAL} \right)^{rr3} + d_{tec}^{oil} \cdot \left( \frac{OIL}{OIL} \right)^{rr3} + d_{tec}^{gas} \cdot \left( \frac{GAS}{GAS} \right)^{rr3} + d_{tec}^{agr} \cdot \left( \frac{AGR}{AGR} \right)^{\frac{1}{rr3}} \right) \quad [7]$$

## 5.2 Η ενσωμάτωση των αερίων του θερμοκηπίου στη γενική ισορροπία

Οι περισσότερες μελέτες σχετικές με την αξιολόγηση πολιτικών που αφορούν στην καταπολέμηση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν μόνο το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται κατά την διάρκεια της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Η βασική έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 επεκτάθηκε ώστε να περιλαμβάνει όλα τα αέρια του θερμοκηπίου που προέρχονται από ενεργειακές και μη ενεργειακές δραστηριότητες καθώς και τις αντίστοιχες καμπύλες μείωσης οριακού κόστους MACC (Marginal Abatement Cost Curves).

Η ενσωμάτωση όλων των αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα απαιτεί την κατασκευή και εκτίμηση των καμπυλών οριακού κόστους μείωσης των εκπομπών, την πραγματοποίηση προβλέψεων για την μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών των αερίων αυτών, τον επανασχεδιασμό της συμπεριφοράς των επιχειρήσεων και νοικοκυριών και την ολοκλήρωση του ήδη υπάρχοντος μηχανισμού αγοράς και πώλησης δικαιωμάτων εκπομπών με τα νέα αέρια. Για την κατασκευή των MAC αντλήθηκαν πληροφορίες από την σχετική βιβλιογραφία η οποία αποδείχθηκε επαρκής για τις ανάγκες του υποδείγματος.

### 5.2.1 Προέλευση των αερίων θερμοκηπίου

Τα αέρια του θερμοκηπίου προέρχονται από: i) Γεωργία, ii) Ενέργεια, iii) Βιομηχανία, iv) από την κατανάλωση προϊόντων του οικιακού και δημόσιου τομέα και v) από την διαχείριση των αποβλήτων. Ο Πίνακας 5-6 παρουσιάζει τις κύριες πηγές όλων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι ιδιότητες των αερίων που έχουν ενδιαφέρον σε σχέση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η διάρκεια ζωής τους και η ικανότητα τους να δεσμεύουν ηλιακή ακτινοβολία η αλλιώς το θερμικό δυναμικό που τους χαρακτηρίζει (Global Warming Potential - GWP). Προκειμένου να γίνει η μετατροπή όλων των αερίων σε ισοδύναμους τόνους CO<sub>2</sub> χρησιμοποιήθηκαν τα GWP όπως αυτά δημοσιεύτηκαν στο IPCC report "Climate Change 2001: The scientific basis". Η εισαγωγή όλων των αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3 βελτιώνει τις ιδιότητες του όσον αφορά στην αποτίμηση του συνολικού κόστους των πολιτικών μείωσης των εκπομπών καθώς διευρύνεται τόσο το φάσμα των δυνατοτήτων

μείωσης των εκπομπών όσο και ο αριθμός των κλάδων που συμμετέχουν στην προσπάθεια μείωσης.

**Πίνακας 5-6: Πηγή προέλευσης των αερίων του θερμοκηπίου**

Αέρια του θερμοκηπίου	Ανθρωπογενείς δραστηριότητες	Ποσοστό επί του συνόλου Annex-I (2005)	GWP
Διοξείδιο του άνθρακα - CO <sub>2</sub>	Κάυση ορυκτών καυσίμων	0,825	1
Μεθάνιο - CH <sub>4</sub>	Χωματερές Εξόρυξη και μεταφορά άνθρακα και φυσικού αερίου Πετρέλαιο Διαχείριση αποβλήτων Γεωργία/Κτηνοτροφία	0,12	24
Υποξείδιο του αζώτου - N <sub>2</sub> O	Καύση ορυκτών καυσίμων Μεταφορές Βιομηχανικές διεργασίες Γεωργικές δραστηριότητες	0,057	310
Φθοριωμένοι υδροφθοράνθρακες – HFC	Υποκατάστατο CFC Παραγωγή HCFC-22 Ψυκτικό	0,0119	2000
Υπερφθοράνθρακες - PFC	Υποκατάστατο CFC Παραγωγή αλουμινίου Κατασκευή ημιαγωγών	0,002	6800
Εξαφθοριούχο θείο - SF <sub>6</sub>	Παραγωγή μαγνησίου Κατασκευή ημιαγωγών Διανομή ηλεκτρισμού	0,002	22200

### 5.2.2 Αέρια του θερμοκηπίου από την γεωργία

Τα αέρια θερμοκηπίου που προκύπτουν από γεωργικές δραστηριότητες είναι το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) (το 50%, το 70% και το 5% αντίστοιχα των συνολικών εκπομπών των αερίων αυτών προέρχονται από την γεωργία). Οι κύριες πηγές των αερίων αυτών είναι: i) εντερική ζύμωση, ii) διαχείριση κοπριάς, iii) καλλιέργεια ρυζιού και iv) κάψιμο γεωργικών καταλοίπων. Η κυριότερη πηγή CH<sub>4</sub> είναι η παραγωγή ρυζιού και οι εντερικές ζυμώσεις. Μείωση των εκπομπών του αερίου αυτού μπορεί να επιτευχθεί μέσω καλύτερης διαχείρισης των καλλιεργειών ρυζιού, και βελτιωμένων προγραμμάτων τροφοδοσίας. Οι κύριες πηγές εκπομπών N<sub>2</sub>O είναι τα λιπάσματα και τα κατάλοιπα των ζώων. Τα μέτρα μείωσης των αερίων του N<sub>2</sub>O αφορούν στην μείωση της χρήσης των λιπασμάτων.

### 5.2.3 Αέρια του θερμοκηπίου από χωματερές και απόβλητα

Η αποσύνθεση του οργανικού μέρους των απορριμμάτων που ξεκινά με την εναπόθεση τους στις χωματερές έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή νερού και ενός συνδυασμού CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub> (landfill gas). Λόγω της διαφορετικής σύστασης των σκουπιδιών αλλά και των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στις διάφορες χώρες τόσο η εκτίμηση των συντελεστών εκπομπής CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub> από απορρίμματα όσο και η εκτίμηση του κόστους μείωσης τους δεν μπορεί να είναι ακριβής.

Συγκεκριμένα, η παραγωγή μεθανίου από απορρίμματα αυξάνεται σημαντικά δύο μήνες από την απόθεση τους, και κορυφώνεται έπειτα από δύο χρόνια όπου και παραμένει σε αυτά τα επίπεδα για περίπου δύο δεκαετίες. Οι βασικοί παράγοντες που προσδιορίζουν τις εκπομπές μεθανίου είναι η ηλικία της χωματερές, το βάθος της και ο τρόπος απόθεσης των απορριμμάτων. Τα μέτρα για την μείωση των εκπομπών χωρίζονται σε: i) πρωτογενή μέτρα (integrated measures), ii) δευτερογενή μέτρα (end-of-pipe) ή και συνδυασμός των δύο. Η μείωση των εκπομπών στις χωματερές μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους (Bates, 1998a) μείωση του όγκου των απορριμμάτων μέσω ανακύκλωσης, πολτοποίηση, αποτέφρωσης και αναερόβιας ζύμωσης<sup>53</sup> (μέτρα που αφορούν στη μείωση μελλοντικών εκπομπών) και επιτόπου μείωση των εκπομπών στη χωματερή μέσω κάλυψης με αδιάβροχο επίστρωμα γύψου, χρήσης του landfill gas (*flaring*) και αύξησης της οξειδωσης του μεθανίου. Οι δυνατότητες μείωσης των αερίων αυτών είναι υψηλότερες στις χώρες της ΕΕ, τις Η.Π.Α. και την ανατολική Ασία. Αυτό εξηγείται κυρίως από το γεγονός ότι οι περιοχές αυτές εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες των αερίων αυτών.

Για την εκτίμηση του κόστους μείωσης των εκπομπών με τις παραπάνω τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τους Bates, 1998a; De Jager et al., 1999; Gerbens and Zeeman, 2000; Harnisch and Hendriks, 2000; Bates, 2001; Bates and Haworth, 2001; De Jager et al., 2001 και GECS (2003). Ο Πίνακας 5-7 συνοψίζει τα μέτρα μείωσης και τα αντίστοιχα κόστη σε €99 ανά τόνο CH<sub>4</sub>.

---

<sup>53</sup> Η αναερόβια καύση είναι μία μέθοδος ανάκτησης ενέργειας που βασίζεται στην φυσική αποσύνθεση των οργανικών μερών των απορριμμάτων. Συγκεκριμένα γίνεται καύση του βιοαερίου (**biogas**) που προκύπτει από την χωματερή είτε για παραγωγή ηλεκτρισμού είτε για παραγωγή θερμότητας. Περίπου το 50% των παρά-προϊόντων αυτής της διεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα.



**Πίνακας 5-7: Κόστη για τα μέτρα μείωσης εκπομπών CH<sub>4</sub> που προέρχονται από τα απορρίμματα**

<b>Μέτρο Μείωσης</b>	<b>€99 / τόνος CH<sub>4</sub></b>
Ανακύκλωση χαρτιού	1
Flaring	22
Landfill gas	36
Capping landfills	40
Μέτρα μείωσης όγκου	>1000

Τα λήμματα παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών και από βιομηχανικές δραστηριότητες (ιδιαίτερα από την βιομηχανία τροφίμων και αναψυκτικών, την πετροχημεία και την μεταλλουργία). Τα αέρια που προκύπτουν είναι το CH<sub>4</sub> (το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από τα οργανικά μέρη των λημμάτων) και το N<sub>2</sub>O. Τα βασικότερα μέτρα μείωσης του CH<sub>4</sub> είναι παρόμοια με αυτά του landfill και αφορούν στην αερόβια επεξεργασία λημμάτων και στην αναερόβια επεξεργασία η οποία έχει ως στόχο να συλλέξει και να χρησιμοποιήσει το CH<sub>4</sub> ως καύσιμο. Τα μέτρα αυτά είναι πολύ αποτελεσματικά και μπορούν να πετύχουν έως και 90% μείωση του CH<sub>4</sub> (Gerbens and Zeeman, 2000, De Jager et al., 2001). Αντίστοιχα τα μέτρα μείωσης του N<sub>2</sub>O αφορούν στην μείωση της χρήσης λιπασμάτων πλούσιων σε άζωτο και στην αναερόβια απονιτροποίηση σε υπάρχοντα κέντρα επεξεργασίας λημμάτων. Αυτές οι πρακτικές μπορούν να μειώσουν το N<sub>2</sub>O έως και 40%. Στοιχεία για τα μέτρα μείωσης και τα αντίστοιχα κόστη αντλήθηκαν από μελέτες του IEA GHG, 1998), των De Jager et al. (2001) και Hendriks et al., (1998), GECS(2003). Ο Πίνακας 5-8 συνοψίζει τα μέτρα μείωσης εκπομπών CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O που προέρχονται από λήμματα και παρουσιάζει τα αντίστοιχα κόστη σε €99 ανά τόνο.

**Πίνακας 5-8: Κόστη για τα μέτρα μείωσης εκπομπών CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O που προέρχονται από λήμματα**

<b>Μέτρο Μείωσης</b>	<b>Κόστος</b>
Αερόβια και αναερόβια επεξεργασία λημμάτων.	50-100 €99 / τόνος CH <sub>4</sub>
Αναερόβια απονιτροποίηση	5< €99 / τόνος N <sub>2</sub> O
Χρήση λιπασμάτων	5<€99 / τόνος N <sub>2</sub> O

Πηγή: GECS(2003)

#### 5.2.4 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον κλάδο της ενέργειας (εκτός CO<sub>2</sub>)

Από τον κλάδο της ενέργειας προέρχονται τα ακόλουθα αέρια: CH<sub>4</sub> από την βιομηχανία πετρελαίου (αφορά κυρίως στη χρήση και καύση του αερίου κατά την διάρκεια εξόρυξης και παραγωγής), CH<sub>4</sub> από την βιομηχανία φυσικού αερίου (κατά τη διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς), CH<sub>4</sub> από την παραγωγή και διαχείριση του άνθρακα (επίγεια και υπόγεια (90% των συνολικών αερίων)), N<sub>2</sub>O από τον κλάδο των μεταφορών (κύρια πηγή τα οχήματα με καταλύτες), N<sub>2</sub>O από clean coal technologies (οι συγκεκριμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού παράγουν πολύ χαμηλούς ρύπους NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> και σωματιδίων). SF<sub>6</sub> από την μετάδοση και διανομή του ηλεκτρισμού. Ο Πίνακας 5-9 συνοψίζει τα μέτρα μείωσης των εκπομπών CH<sub>4</sub> από την παραγωγή και διανομή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και παρουσιάζει το αντίστοιχο κόστος εφαρμογής κάθε μέτρου.

**Πίνακας 5-9: CH<sub>4</sub> από πετρέλαιο και φυσικό αέριο**

<b>Μέτρο Μείωσης</b>	<b>Κόστος €99 /t CH<sub>4</sub></b>
Αντικατάσταση πνευματικών συστημάτων με νέα (εφαρμογή σε υψηλή διακοπτόμενη διαρροή )	57.9
Αντικατάσταση πνευματικών συστημάτων με νέα (εφαρμογή σε μέση διακοπτόμενη διαρροή )	142.3
Αντικατάσταση πνευματικών συστημάτων με συστήματα πεπιεσμένου αέρα (εφαρμογή σε υψηλή διακοπτόμενη διαρροή )	439.5
Αντικατάσταση πνευματικών συστημάτων με συστήματα πεπιεσμένου αέρα (εφαρμογή σε μέση διακοπτόμενη διαρροή )	832.1
Αντικατάσταση πνευματικών συστημάτων με συστήματα πεπιεσμένου αέρα (εφαρμογή σε χαμηλή διακοπτόμενη διαρροή )	1013.6
Επίβλεψη και συντήρηση	1456.8

Πηγή: GECS (2003)

Ο Πίνακας 5 10 συνοψίζει τα μέτρα μείωσης των εκπομπών CH<sub>4</sub> από την εξόρυξη άνθρακα και παρουσιάζει το αντίστοιχο κόστος εφαρμογής κάθε μέτρου.

**Πίνακας 5-10: CH<sub>4</sub> από εξόρυξη άνθρακα (μέτρα μείωσης)**

<b>Μέτρο Μείωσης</b>	<b>Κόστος €99 /t CH<sub>4</sub></b>
Degasification and Pipeline Injection (εφαρμογή σε ορυχεία χαμηλού κόστους)	26.8
Degasification and Pipeline Injection (εφαρμογή σε ορυχεία μέσου κόστους)	30.1
Degasification and Pipeline Injection (εφαρμογή σε ορυχεία υψηλού κόστους)	44.2
Enhanced Degasification, Gas Enrichment, and Pipeline Injection (εφαρμογή σε ορυχεία χαμηλού κόστους)	88.0
Enhanced Degasification, Gas Enrichment, and Pipeline Injection (εφαρμογή σε	105.5

ορυχεία μέσου κόστους)	
Enhanced Degasification, Gas Enrichment, and Pipeline Injection (εφαρμογή σε ορυχεία υψηλού κόστους)	183.6
Catalytic Oxidation of Ventilation Air Emissions, applicable for all mines	322.0

Ο Πίνακας 5-11 συνοψίζει τα μέτρα μείωσης των εκπομπών SF<sub>6</sub> από την παραγωγή ηλεκτρισμού και παρουσιάζει το αντίστοιχο κόστος εφαρμογής κάθε μέτρου.

**Πίνακας 5-11: SF<sub>6</sub> (μέτρα μείωσης για συστήματα μεταφοράς ηλεκτρισμού)**

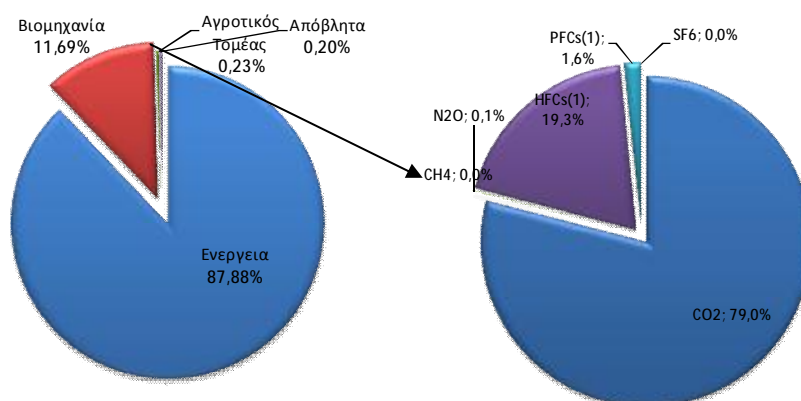
Μέτρο Μείωσης	Κόστος €99 /t SF <sub>6</sub>
Έλεγχος και επισκευή διαρροών	0.9667
Ανακύκλωση εξοπλισμού	1.19574
Ανάπτυξη τροποποιημένων εγκαταστάσεων με μικρότερη χρήση SF <sub>6</sub>	10.9409

### 5.2.5 Αέρια του θερμοκηπίου από βιομηχανικές δραστηριότητες.

Αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπονται ως υποπροϊόν αρκετών βιομηχανικών δραστηριοτήτων, και ιδιαίτερα από δραστηριότητες που περιλαμβάνουν χημικές διεργασίες. Τα δεδομένα σχετικά με τα επίπεδα των αερίων αυτών στο έτος βάσης αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων EDGAR v3.3. Πληροφορίες για τεχνολογίες μείωσης προήλθαν κυρίως από την μελέτη "EU Sectoral Objective Study" ECOFYS – ΕΜΠ (2002). Χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες έγινε δυνατό να κατασκευαστούν οι καμπύλες οριακού κόστους μείωσης αερίων για όλους τους τομείς και χώρες που καλύπτονται από το υπόδειγμα. Για χώρες όπου τα τεχνολογικά δεδομένα δεν επαρκούσαν οι καμπύλες κατασκευάστηκαν με έμμεσες μεθόδους λαμβάνοντας υπ' όψιν, όσο ήταν δυνατόν, όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χώρας και κάθε τομέα.

Η συνεισφορά της βιομηχανίας στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι σχετικά μικρή συγκρινόμενη με τις εκπομπές που προκύπτουν από τις ενεργειακές δραστηριότητες, τα απόβλητα και τον αγροτικό τομέα (Σχήμα 5-6). Συγκεκριμένα στο έτος βάσης οι εκπομπές που προκύπτουν από βιομηχανικές δραστηριότητες ήταν 1189mt CO<sub>2</sub> eq και αποτελούσαν το 4% των συνολικών εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σχήμα 5-6: Non-CO<sub>2</sub> GHGs από βιομηχανικές δραστηριότητες (EE27-2005)



Το μεγαλύτερο μερίδιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από βιομηχανικές δραστηριότητες (79%) καταλαμβάνει το CO<sub>2</sub> από την παραγωγή τσιμέντου με 698mt το 2005 ενώ ο δεύτερο πιο σημαντικό αέριο είναι το HFC με μερίδιο 19%. Το μερίδιο των υπολοίπων αερίων (N<sub>2</sub>O, PFCs και SF<sub>6</sub>) που προκύπτουν από μη ενεργειακές βιομηχανικές δραστηριότητες είναι πολύ μικρότερο. Το γεγονός αυτό όμως δεν σημαίνει ότι τα αέρια αυτά είναι και λιγότερο σημαντικά αφού έχουν πολύ υψηλό Global Warming Potential (π.χ. το SF<sub>6</sub> για περίοδο 100-ετών έχει GWP 23900, που το κατατάσσει ως το πιο ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που έχει καταγραφεί ποτέ από το IPCC).

Τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα που αφορούν στις διαφορετικές τεχνολογίες μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου από βιομηχανικές δραστηριότητες καθώς και το αντίστοιχο κόστος μείωσης αντλήθηκαν από την σχετική βιβλιογραφία<sup>54</sup>. Για τις περιοχές όπου υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες (Ευρώπη, Αμερική) κατασκευάστηκαν λεπτομερείς καμπύλες οριακού κόστους. Για τις περιοχές όπου δεν υπήρχαν τεχνικοοικονομικά δεδομένα οι καμπύλες οριακού κόστους κατασκευάστηκαν με έμμεσες μεθόδους

<sup>54</sup> i) "Cost and Emission Reduction Analysis of PFC, HFC and SF<sub>6</sub> emissions from semiconductor manufacturing in the U.S", EPA Report, 2001, ii) "Cost and Emission Reduction Analysis of SF<sub>6</sub> emissions from magnesium manufacturing in the U.S", EPA Report, 2001. iii) "Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change", ECOFYS-NTUA, Report to DG environment, March 2001.

(διαφοροποίηση των υπαρχόντων λεπτομερών καμπυλών οριακού κόστους με βάση την ενεργειακή ένταση κάθε περιοχής και τομέα).

Το CO<sub>2</sub> παράγεται στην βιομηχανία τσιμέντου κατά την διάρκεια της παραγωγής του κλίνκερ. Συγκεκριμένα κατά την παραγωγή του τσιμέντου τύπου Portland υπάρχει ένα στάδιο όπου το lime συνδυάζεται με υλικά που περιέχουν πυρίτιο ούτως ώστε να κατασκευαστεί το κλίνκερ. Κατά την διάρκεια της χημικής αυτής διεργασίας απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα CO<sub>2</sub>. Στην περίπτωση του τσιμέντου masonry, το οποίο κατασκευάζεται από το Portland, χρησιμοποιείται επιπρόσθετο lime αυξάνοντας έτσι ακόμα περισσότερο τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> που προκύπτουν από την παραγωγή τσιμέντου χρησιμοποιείται είτε το επίπεδο παραγωγής κλίνκερ είτε το επίπεδο παραγωγής τσιμέντου. Το IPCC προτείνει τους ακόλουθους συντελεστές εκπομπής: 0.5071 tCO<sub>2</sub> ανά τόνο παραγόμενου κλίνκερ ή 0.4985 tCO<sub>2</sub> ανά τόνο τσιμέντου.

Προκειμένου να κατασκευαστεί το σενάριο αναφοράς για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> που προκύπτουν από την παραγωγή τσιμέντου χρησιμοποιήθηκαν μελέτες που αφορούν στην μελλοντική τάση ζήτησης τσιμέντου. Επίσης οι πληροφορίες από τις μελέτες αυτές συμπληρώθηκαν με πληροφορίες σχετικές με τη δημόσια χρηματοδότηση και την συνολική ανάπτυξη του κατασκευαστικού τομέα, αφού το τσιμέντο αποτελεί βασική εισροή του.

Κατά την περίοδο 1990-1998, στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες ο μέσος ρυθμός αύξησης των εκπομπών του CO<sub>2</sub> από τη βιομηχανία μη μεταλλικών ορυκτών ήταν 15%. Οι χώρες των οποίων η μελλοντική εξέλιξη της ζήτησης τσιμέντου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η Κίνα, η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ και η Ινδία αφού αυτές κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στην παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου. Συγκεκριμένα στην κατασκευή του σεναρίου αναφοράς λήφθηκε υπ' όψιν η αναμενόμενη σημαντική αύξηση ζήτησης τσιμέντου στις Ασιατικές χώρες (π.χ. η ζήτηση τσιμέντου στην Ινδία το 2015 αναμένεται να αυξηθεί κατά 100% σε σχέση με τα επίπεδα του 2000).

Σε γενικές γραμμές η μεγαλύτερη αύξηση εκπομπών CO<sub>2</sub> αναμένεται να συμβεί στις λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές όπως είναι η Ασία, η Αφρική και η Μέση ανατολή όπου προβλέπεται σημαντική αύξηση της ζήτησης τσιμέντου. Οι οικονομίες που βρίσκονται σε

μεταβατικό επίπεδο παρουσιάζουν μέτριες αυξήσεις ενώ για τις ανεπτυγμένες χώρες ο ρυθμός αύξησης προβλέπεται να είναι χαμηλός και σχεδόν σταθερός καθ' όλη την περίοδο 2000-2030. Αυτές οι τάσεις είναι συνεπείς με την ιστορική σχέση μεταξύ κατά κεφαλήν εισοδήματος, πληθυσμού και ζήτησης στον κατασκευαστικό τομέα.

Το μοναδικό μέτρο μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την παραγωγή τσιμέντου είναι η χρησιμοποίηση ενός μίγματος τσιμέντου που περιέχει συστατικά όπως το coal fly ash. Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατόν να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 10%-15%. Προς το παρόν δεν υπάρχει καμία τεχνολογία που να μειώνει περισσότερο τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από την κατασκευή τσιμέντου τύπου Portland.

Οι εκπομπές HFC και PFC προκύπτουν κατά την διάρκεια την κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των ψεκαστικών, διαλυτικών καθαρισμού, ψυκτικού και κλιματιστικού εξοπλισμού, πυροσβεστήρων, παραγωγή αλουμινίου και ημιαγωγών.

Συγκεκριμένα το HFC 134a χρησιμοποιείται ως ψυκτικό σε κλιματιστικά αυτοκινήτων ενώ από το 1994 μέρη HFC βρίσκονται και στα διαλυτικά. Το HFC-23 παράγεται ως υποπροϊόν κατά την διαδικασία παραγωγής του HCFC-22 το οποίο χρησιμοποιείται στην ψύξη, τον κλιματισμό και ως χημική πρώτη ύλη για την παραγωγή συνθετικών πολυμερών.

Οι εκπομπές των CF<sub>4</sub> και C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> προκύπτουν από την παραγωγή αλουμινίου, η οποία είναι μια ηλεκτρολυτική διαδικασία. Η ποσότητα PFC που εκπέμπεται εξαρτάται από το πόσο συχνά συμβαίνει το φαινόμενο του ανοδίου (anode effect) κατά την διάρκεια της ηλεκτρόλυσης. Εκπομπές PFC και HFC προκύπτουν και από την παραγωγή ημιαγωγών. (Οι χώρες που παράγουν τις περισσότερες εκπομπές PFC από κατασκευή ημιαγωγών είναι οι ΗΠΑ, η Ε.Ε. και η Ιαπωνία )

Οι εκπομπές HFC προβλέπεται να παρουσιάσουν σημαντική αύξηση μεσοπρόθεσμα ενώ ο ρυθμός αύξησης προβλέπεται να αρχίσει να μειώνεται έπειτα από το 2020. Αυτή η πρόβλεψη βασίζεται στο γεγονός ότι οι εκπομπές HFCs αποτελούν το βασικότερο υποκατάστατο για ουσίες που καταστρέφουν το όζον και επομένως μέσα στα πλαίσια του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ οι εκπομπές των αερίων αυτών έχουν αυξηθεί σημαντικά. Η κύρια πηγή των HFCs που είναι η παραγωγή του HCFC-22 αναμένεται να σταματήσει το 2020 προκαλώντας έτσι σημαντική μείωση των εκπομπών HFC.

Οι εκπομπές του αερίου HFC-23 μπορούν να μειωθούν κατά 90% χρησιμοποιώντας after burners. Δύο είναι τα βασικά μέτρα τα οποία είναι τεχνικώς βιώσιμα για την μείωση των εκπομπών HFC από την παραγωγή HCFC:

- Βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής.
- Καταστροφή του HFC με θερμική οξείδωση.

Η ζήτηση στην αγορά των ημιαγωγών αναμένεται να συνεχίσει να αναπτύσσεται με μεγάλους ρυθμούς. Η βιομηχανία ημιαγωγών έχει θέσει από μόνη της τον στόχο να μειώσει τις εκπομπές PFC. Αυτή η εθελοντική συμφωνία της βιομηχανίας επηρεάζει πτωτικά τις μακροπρόθεσμες προβλέψεις των εκπομπών PFC.

Το βασικό μέτρο μείωσης των εκπομπών PFC αποτελεί η τεχνική σύλληψης/ανακύκλωσης η οποία συνίσταται στον διαχωρισμό του μη αντιδρασμένου και/ή παραγόμενου FC από τα υπόλοιπα αέρια προκειμένου να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία. Τα σημερινά συστήματα σύλληψης εγγυώνται μείωση των εκπομπών κατά 90%. Συγκεκριμένα το μέτρο αυτό είναι πιο αποτελεσματικό για τις εκπομπές των C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, και C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, ενώ η αποτελεσματικότητά του κυμαίνεται στο 50% με 60% μείωσης των εκπομπών των CHF<sub>3</sub> και NF<sub>3</sub>.

Για την μείωση των εκπομπών PFC από την παραγωγή αλουμινίου υπάρχουν τρία μέτρα:

- Βελτίωση της τεχνικής τροφοδότησης της αλουμίνιας.
- Βελτίωση των αυτοματοποιημένων ελέγχων προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απόδοση των κελυφών (cell 30% reduction).
- Εκπαίδευση των χειριστών των κελυφών σε μεθόδους και πρακτικές προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η συχνότητα και η διάρκεια του φαινομένου του ανοδίου.

Παράλληλα η παραγωγή αλουμινίου από μη αποδοτικά χυτήρια μπορεί να αναβαθμιστεί έτσι ώστε να μειωθεί η συχνότητα και η διάρκεια του φαινομένου του ανοδίου. Επειδή τα χυτήρια αλουμινίου είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα εκτιμάται ότι το κόστος από την αναβάθμιση τους θα αντισταθμιστεί από την εξοικονόμηση ενέργειας.

Από το 1990 οι εκπομπές PFC που προέρχονται από τον τομέα παραγωγής αλουμινίου έχουν μειωθεί σημαντικά. Αυτή η μείωση οφείλεται τόσο στην μείωση της παραγωγής αλουμινίου όσο και στην προσπάθεια των βιομηχανιών να μειώσουν την συχνότητα και την διάρκεια του φαινομένου του ανοδίου (Voluntary Aluminium Industrial Partnership).

Η ύφεση στην παγκόσμια παραγωγή αλουμινίου προβλέπεται να ξεπεραστεί από το 2015 και έπειτα. Η πρόβλεψη αυτή οφείλεται στην αναμενόμενη αύξηση της συνολικής δυναμικότητας παραγωγής αλουμινίου από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι αναπτυγμένες χώρες αναμένεται να πραγματοποιήσουν μια σημαντική μείωση στις εκπομπές PFC λόγω της μετακίνησης της παραγωγής στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες αλλά και της λήψης μέτρων που θα έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των συντελεστών εκπομπής.

Το N<sub>2</sub>O εκπέμπεται κατά την διάρκεια παραγωγής του αδιπικού οξέος, του νιτρικού οξέος και της χρήσης λιπασμάτων (το αδιπικό οξύ χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή του νάιλον ενώ το νιτρικό οξύ αποτελεί βασικό μέρος του αδιπικού οξέος). Παγκοσμίως υπάρχουν ελάχιστα εργοστάσια παραγωγής αδιπικού οξέος. Ο μεγαλύτερος παραγωγός είναι οι ΗΠΑ με τρεις εταιρείες οι οποίες ευθύνονται για το 50% των συνολικών εκπομπών N<sub>2</sub>O.

Οι εκπομπές N<sub>2</sub>O μειώθηκαν σημαντικά κατά την περίοδο 1990-2005 ενώ μακροπρόθεσμα αναμένεται να παραμείνουν στα επίπεδα του 2010. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η ζήτηση για νάιλον και λιπάσματα μειώνεται στις αναπτυγμένες χώρες. Η αύξηση της ζήτησης για αυτά τα προϊόντα από τις αναπτυσσόμενες χώρες οδηγεί σε μια σταθεροποίηση των εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο. Δύο είναι τα μέτρα που μειώνουν τις εκπομπές N<sub>2</sub>O που προκύπτουν από την παραγωγή νιτρικού οξέος:

- Μέτρα που αφορούν στην διαδικασία παραγωγής και προϋποθέτουν νέες εγκαταστάσεις
- Επίτευξη μέχρι και **90%** μείωσης των εκπομπών μέσω καταλυτικής μετατροπής.

Το SF<sub>6</sub> είναι ένα πολύ σταθερό αέριο. Όλες οι μελέτες συμφωνούν ότι το αέριο αυτό προκύπτει εξολοκλήρου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι μοναδικές του φυσικοχημικές ιδιότητες καθιστούν το αέριο αυτό ιδανικό για πολλές βιομηχανικές χρήσεις. Συγκεκριμένα η βιομηχανία μαγνησίου χρησιμοποιεί το SF<sub>6</sub> προκειμένου να μην επιτρέψει



την οξείδωση του λιωμένου μετάλλου την στιγμή που αυτό έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Οι βιομηχανίες άρχισαν να χρησιμοποιούν το SF<sub>6</sub> προκειμένου να αντικαταστήσουν το SO<sub>2</sub>.

Οι εκπομπές του SF<sub>6</sub> προβλέπεται να μειωθούν λόγω της εθελοντικής συμφωνίας (emission reduction partnership) της βιομηχανίας μαγνησίου. Η παραγωγή μαγνησίου στις αναπτυσσόμενες χώρες αναμένεται να σταθεροποιηθεί σε χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης έτσι η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για μαγνήσιο θα καλυφθεί από τις λιγότερο αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτή η μετατόπιση της παραγωγής μαγνησίου θα οδηγήσει τις λιγότερο αναπτυσσόμενες χώρες σε αύξηση των εκπομπών SF<sub>6</sub>.

Τα μέτρα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθούν οι εκπομπές SF<sub>6</sub> από την παραγωγή και επεξεργασία μαγνησίου κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης (**good housekeeping**).
- Αριστοποίηση των διεργασιών (οι πρακτικές που αναφέρονται ως “αριστοποίηση της διεργασίας” έχουν ως αποτέλεσμα την πιο αποδοτική χρήση του SF<sub>6</sub> στην παραγωγή και επεξεργασία του μαγνησίου. Αυτό το μέτρο λειτουργεί προσθετικά στο “good housekeeping”.)
- Ανάκτηση/Ανακύκλωση SF<sub>6</sub>. Το SF<sub>6</sub> που ανακτάται μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από την βιομηχανία επιτόπου. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι δυνατόν το κόστος ανάκτησης να είναι χαμηλότερο από την αγοραία τιμή του.

#### 5.2.6 Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2010-2030

Η μελέτη που χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τον προσδιορισμό των μακροχρόνιων τάσεων των αερίων του θερμοκηπίου ήταν η *“Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gas Emissions from Developed Countries: 1990-2010”, Environmental Protection Agency Report. Σεπτέμβριος 2004*. Επιπλέον ενσωματώθηκαν οι εθελοντικές συμφωνίες, που έχουν η πρόκειται να υλοποιηθούν, σχετικές με την μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιώντας στοιχεία από την βιβλιογραφία στάθηκε δυνατόν να αναγνωριστούν οι βασικές τάσεις αλλά και οι υποθέσεις που αφορούν στην μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Προκειμένου να αξιοποιηθούν όλες οι διαθέσιμες

πληροφορίες αναπτύχθηκε ένα στοιχειώδες υπόδειγμα που αφορά στην εξέλιξη των εκπομπών:

$$E_{i,s,t} = E_{i,s,t-1} \cdot \left( \frac{VA_{s,t}}{VA_{s,t-1}} \right)^{g_{i,s,t}} \cdot R_{i,s,t} \cdot e^{-b_{i,s} \cdot (CV_t - CV_{t-1})}$$

όπου, E: εκπομπές VA: προστιθέμενη αξία, g: ελαστικότητα δραστηριότητας, R: εξωγενής συντελεστής που λαμβάνει υπ' όψιν όλα τα στοιχεία που δεν μπορούν να ενσωματωθούν στο υπόδειγμα (π.χ. εθελοντικές συμφωνίες), b: παράμετρος της καμπύλης οριακού κόστους, CV: τιμή του δικαιώματος άνθρακα, i: αέριο, s: τομέας και t: χρόνος. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που αφορούν στην προστιθέμενη αξία ανά κλάδο του σεναρίου αναφοράς κατέστη δυνατή η προβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά κλάδο και χώρα έως το 2030.

### 5.2.7 Εισαγωγή των αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3

Το υπόδειγμα έχει τρεις μηχανισμούς προκειμένου να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου:

1. χρήση νέων τεχνολογιών
2. υποκατάσταση καυσίμων
3. μείωση της παραγωγής

Οι καμπύλες οριακού κόστους μείωσης (marginal abatement cost curves) προκύπτουν από τεχνικοοικονομικές (bottom-up) συναρτήσεις κόστους. Αυτές οι συναρτήσεις είναι διαφορετικές μεταξύ τομέων, διαρκών αγαθών, αερίων και χωρών. Το οριακό κόστος της μείωσης είναι μία αύξουσα συνάρτηση του βαθμού της μείωσης. Όλοι οι υπολογισμοί των εκπομπών ξεκινούν από τα αέρια που εκπέμπει ο τομέας S πριν ληφθούν τα end-of-pipe μέτρα. Οι εκπομπές αυτές είναι συνδεδεμένες με το συνολικό παραγόμενο προϊόν, τον συντελεστή εισροών (ο οποίος εξαρτάται από την τιμή) και από έναν εξωγενώς καθορισμένο συντελεστή εκπομπής. Η εγκατάσταση νέων τεχνολογιών μειώνει τις εκπομπές αερίων. Με βάση το βαθμό της μείωσης είναι δυνατόν να υπολογιστούν οι εκπομπές των αερίων που μειώνονται. Η συνάρτηση οριακού κόστους μείωσης των εκπομπών που χρησιμοποιείται στο υπόδειγμα είναι η ακόλουθη:

$$C'(a_{s,i}) = b_{i,s} \cdot (1 - a_{s,i})^{g_{i,s}}$$

όπου:

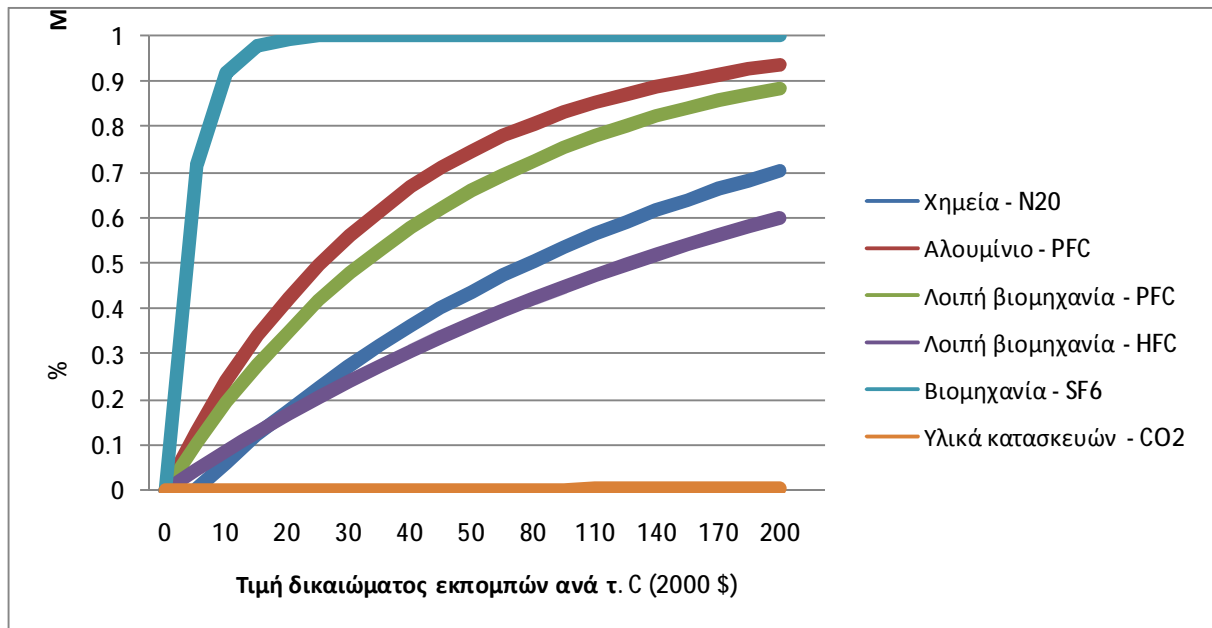
$C'(a_{s,i})$ : Οριακό κόστος μείωσης της εκπομπής του αερίου  $S$  στον τομέα  $i$ .

$a_{s,i}$ : Βαθμός μείωσης της εκπομπής του αερίου  $S$  στον τομέα  $i$

$b_{i,s}, g_{i,s}$ : Εκτιμημένες παράμετροι για το αέριο  $S$  στον τομέα  $i$

Η παραπάνω συνάρτηση χρησιμοποιείται λόγω των παρακάτω χαρακτηριστικών που διαθέτει: i) για μηδενικό οριακό κόστος η μείωση είναι μηδέν, ii) απόλυτη μείωση όταν το οριακό κόστος τείνει στο άπειρο και iii) εύκολη εύρεση του ολοκληρώματος – συνάρτησης συνολικού κόστους. Οι παράμετροι σε αυτήν την εξίσωση προκύπτουν από εκτιμήσεις χρησιμοποιώντας τεχνικοοικονομικά δεδομένα. Οι bottom-up μελέτες τείνουν να μην λαμβάνουν υπ' όψιν τους τα εμπόδια σχετικά με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών, υπερεκτιμώντας έτσι την αποδοτικότητα των τεχνολογιών μείωσης για μέτρα χαμηλού κόστους. Επίσης περιλαμβάνουν ένα πολύ μικρό αριθμό τεχνολογιών (μέτρων), γεγονός το οποίο υπερεκτιμά την αποδοτικότητα των τεχνολογιών (μέτρων) για υψηλές τιμές του δικαιώματος εκπομπών, όπου σύγχρονες τεχνολογίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Η μορφή της συνάρτησης οριακού κόστους που χρησιμοποιείται στο υπόδειγμα είναι τέτοια ώστε να 'διορθώνει' στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιου είδους λανθασμένες εκτιμήσεις. Βέβαια η χρησιμοποίηση αυτής της συνάρτησης μπορεί να οδηγήσει σε υπερ/υποεκτίμηση του κόστους μείωσης.

Σχήμα 5-7: Καμπύλες οριακού κόστους μείωσης εκπομπών (Ε.Ε. 2010).



Στο Σχήμα 5-7 παρουσιάζονται οι καμπύλες οριακού κόστους για τις εκπομπές αερίων από την βιομηχανία στο σύνολο της ΕΕ27. Αν και τα κόστη μείωσης και ο αριθμός των διαθέσιμων τεχνολογιών διαφέρει από χώρα σε χώρα οι παραπάνω καμπύλες μπορούν να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικές του κάθε βιομηχανικού κλάδου. Η καμπυλότητα των συναρτήσεων αυτών απεικονίζει την προσπάθεια που απαιτείται (σε όρους οριακού κόστους) για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό μείωσης των εκπομπών. Για παράδειγμα η βιομηχανία τσιμέντου έχει μία σχεδόν επίπεδη καμπύλη οριακού κόστους γεγονός που υποδεικνύει τις περιορισμένες δυνατότητες μείωσης των εκπομπών της βιομηχανίας αυτής ακόμα και σε υψηλές τιμές του δικαιώματος εκπομπών. Ανάλογα η καμπύλη οριακού κόστους του SF<sub>6</sub> αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι μεγάλες μειώσεις στις εκπομπές του αερίου είναι εφικτές σε αρκετά χαμηλό κόστος.

### 5.2.8 Μεθοδολογική προσέγγιση ενσωμάτωσης αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3

Η γενική μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε προκειμένου να ενσωματωθούν όλοι τα αέρια του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα παρουσιάζεται σε αυτήν την ενότητα. Υποθέτουμε ότι η τεχνολογία παραγωγής του τομέα κάθε κλάδου είναι  $Y_i = CES(K_i, L_i, E_i, M_i)$  όπου  $i$ : κλάδος,  $Y_i$ : παραγωγή,  $K_i$ : εισροή κεφαλαίου,  $L_i$ : εισροή

εργασίας,  $E_i$  : ενεργειακές εισροές,  $M_i$  : εισροές υλικών. Οι βασικές υποθέσεις που έγιναν συνοψίζονται στα εξής:

- Οι εκπομπές αερίων από τον τομέα  $i$  είναι μία σταθερή αναλογία της παραγόμενης ποσότητας  $e_{s,i}$ , όπου  $s$  είναι το αέριο.
- Ο τομέας  $i$  εκτός από την ποσότητα  $M_i$  που χρησιμοποιεί κατά την διαδικασία παραγωγής πρέπει να καταναλώσει επιπλέον ποσότητα υλικών  $I_i$  προκειμένου να μπορέσει να μειώσει τις εκπομπές του.

Για λόγους απλούστευσης ας υποθέσουμε ότι υπάρχει μόνο μία εισροή υλικών, τότε η επιπλέον ποσότητα που πρέπει να καταναλωθεί δίδεται από τη σχέση:

$$I_i = Y_i \cdot \sum_s C(\alpha_{s,i}) \cdot a_{s,i} \cdot e_{s,i}$$

όπου  $I_i$  : η ποσότητα υλικών που χρειάζεται για να γίνει η μείωση των εκπομπών από τον κλάδο  $i$ ,  $a_{s,i}$  : ο βαθμός μείωσης του εκπομπών αερίου  $S$  στον τομέα  $i$ ,  $C(a_{s,i})$ : το μέσο κόστος μείωσης που προκύπτει από την ολοκλήρωση της συνάρτησης οριακού κόστους. Εάν  $PM$  είναι η τιμή των εισροών υλικών τότε το κόστος της μείωσης σε χρηματικές μονάδες είναι  $PM \cdot I$ . Εάν υποθέσουμε ότι για κάθε μονάδα εκπομπών η επιχείρηση πληρώνει μία τιμή  $CV$  (τιμή δικαιώματος εκπομπών) τότε οι επιλογές που ελαχιστοποιούν το κόστος της επιχείρησης περιγράφονται από το παρακάτω πρόβλημα:

$$TC(Y, PK, PL, PE, PM, a_{s,i}) = \min (PK \cdot K + PL \cdot L + PM \cdot M + PE \cdot E + PM \cdot I + T)$$

s.t.

$$Y_i = f(K, L, E, M)$$

$$I_i = Y_i \cdot \sum_s C(\alpha_{s,i}) \cdot a_{s,i} \cdot e_{s,i}$$

$$T_i = Y_i \cdot \sum_s PP_{s,i} \cdot (1 - a_{s,i}) \cdot e_{s,i}$$

όπου,  $PK$  : ο ρυθμός απόδοσης του κεφαλαίου,  $PL$  : το μοναδιαίο κόστος εργασίας,  $PE$  : η τιμή ενεργειακής εισροής,  $PM$  : η τιμή εισροής υλικών,  $T_i$  : οι δαπάνες του τομέα  $i$  για πληρωμή περιβαλλοντικών φόρων ή αγορά δικαιωμάτων εκπομπών.

Από το παραπάνω πρόβλημα αριστοποίησης συνεπάγεται ότι η επιχείρηση πρέπει να πάρει μία επιπρόσθετη απόφαση πέρα από το σύνολο των συνήθως χρησιμοποιούμενων πόρων: είτε να μειώσει τις εκπομπές της και να πληρώσει το κόστος  $PM \cdot I_i$  είτε να πληρώσει την τιμή του δικαιώματος για κάθε μονάδα εκπομπών,  $T_i$ . Στην ισορροπία η σχέση που συνδέει τα δύο αυτά κόστη είναι η συνθήκη πρώτης τάξεως του παραπάνω προβλήματος αριστοποίησης:

$$\frac{\partial TC}{\partial a_{s,i}} = PM[C'(a_{s,i}) \cdot a_{s,i} + C(a_{s,i})] - PP = 0$$

Επομένως η παραπάνω εξίσωση αναπαριστά την καμπύλη ζήτησης της επιχείρησης για εκπομπές και το σημείο τομής της με την καμπύλη προσφοράς προσδιορίζει την τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών.

Στην καινούργια έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που δεν σχετίζονται με την ενέργεια είναι συνάρτηση με το επίπεδο παραγωγής του τομέα που εκπέμπει το αέριο αυτό. Η σύνδεση εκπομπών και οικονομικών δραστηριοτήτων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 5-12: Αντιστοίχιση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κλάδων του GEM-E3**

No	Κλάδος	Αέριο
1	Γεωργία	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
2	Άνθρακας	CH <sub>4</sub>
4	Φυσικό αέριο	CH <sub>4</sub>
5	Ηλεκτρισμός	SF <sub>6</sub>
6	Σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα	PFCs, SF <sub>6</sub>
7	Χημική βιομηχανία	HFCs
8	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	CO <sub>2</sub>
9	Ηλεκτρικά αγαθά	HFCs
10	Λοιπός μηχ/κος εξοπλισμός	PFCs, SF <sub>6</sub>
11	Μεταφορές	N <sub>2</sub> O
12	Μη αγοραίες υπηρεσίες	CH <sub>4</sub>

Τα αέρια με υψηλό GWP συναντώνται αποκλειστικά στον βιομηχανικό τομέα και αποτελούν το μεγαλύτερο μερίδιο στο σύνολο των εκπομπών του τομέα. Τα αέρια αυτά αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά έως το 2030 σε σχέση με τα επίπεδα τους το 1990 κυρίως λόγω της απόσυρσης των ODS (ozone depleting substances) που συνεπάγεται η επικύρωση του πρωτόκολλου του Μόντρεαλ και της αναμενόμενης ισχυρής ανάπτυξης του κλάδου των ημιαγωγών. Για παράδειγμα οι εκπομπές των αερίων HFC αναμένεται να διπλασιάσουν το μερίδιο τους στο σύνολο των μη ενεργειακών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030. Σε απόλυτο αριθμό οι εκπομπές HFC αναμένεται να φτάσουν τους 1585mt CO<sub>2</sub> eq το 2030 από 131mt CO<sub>2</sub> eq. το 1995.

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στις μη ενεργειακές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες. (58% το 1995). Το 2030 το μερίδιο αυτό προβλέπεται να μειωθεί σε 46%. Το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών CO<sub>2</sub> προέρχεται από την παραγωγή τσιμέντου, ενώ η συγκεκριμένη δραστηριότητα προβλέπεται να συνεχίσει να αποτελεί κύρια πηγή εκπομπών CO<sub>2</sub> έως και το 2030, λόγω της αναμενόμενης σημαντικής αύξησης της ζήτησης τσιμέντου στις ασιατικές χώρες.

Το μερίδιο των εκπομπών PFCs και SF<sub>6</sub>s στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προβλέπεται να μειωθεί σημαντικά το 2030. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές PFC αναμένεται να έχουν χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης εξαιτίας κυρίως των εθελοντικών συμφωνιών των παραγωγών αλουμινίου και των παραγωγών ημιαγωγών για τον σημαντικό περιορισμό των εκπομπών των αερίων αυτών.

Οι αναπτυσσόμενες χώρες προβλέπεται να έχουν τους υψηλότερους ρυθμούς αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω: i) της μετατόπισης της παραγωγής χημικών προϊόντων και προϊόντων αλουμινίου από τις αναπτυγμένες στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες. ii) του υψηλού ρυθμού αύξησης του ΑΕΠ στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες και iii) της αναμενόμενης αύξησης της παραγωγής τσιμέντου στις χώρες της Ασίας ("Global Cement to 2020 - country by country forecasts of cement supply and demand" 2006).

### **5.3 Οι εξαντλούμενοι ενεργειακοί πόροι**

Τα μοντέλα που ασχολούνται με το θέμα του βέλτιστου τρόπου εξάντλησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων αγνοούν τις επιπτώσεις που έχει η εξάντληση των πόρων

τόσο στο σύνολο της οικονομίας όσο και στους υπόλοιπους κλάδους παραγωγής. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ο τρόπος ενσωμάτωσης ενός μηχανισμού εξαντλούμενων φυσικών πόρων σε υπολογιζόμενο μοντέλο γενικής ισορροπίας ώστε να είναι δυνατόν να αποτυπωθούν οι συνέπειες εξάντλησης των αποθεμάτων στο σύνολο της οικονομίας.

Τα μοντέλα εξαντλούμενων φυσικών πόρων βασίζονται στην εργασία του Hotelling (1931) ο οποίος έδειξε ότι σε μια ανταγωνιστική οικονομία η τιμή ενός εξαντλήσιμου πόρου, καθαρή από το οριακό κόστος εξόρυξης, πρέπει να μεταβάλλεται με τον ρυθμό μεταβολής του επιτοκίου. Ενώ για την περίπτωση του μονοπωλίου συμπέρανε ότι τα οριακά έσοδα είναι αυτά που πρέπει να μεταβάλλονται σύμφωνα με τον ρυθμό μεταβολής του επιτοκίου. Για την διεξαγωγή αυτών των συμπερασμάτων ο Hotelling υπέθετε σταθερά οριακά κόστη εξόρυξης. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με το γεγονός ότι τα αποθέματα εξαντλούμενων φυσικών πόρων χαρακτηρίζονται από διαφορετική ποιότητα και βρίσκονται σε διαφορετικά βάθη με αποτέλεσμα να έχουν και διαφορετικό κόστος εξόρυξης (με τα αποθέματα χαμηλού κόστους να εξορύσσονται πρώτα).

Στον μηχανισμό που ενσωματώθηκε στο υπόδειγμα υποθέτουμε αρνητική σχέση μεταξύ αποθεμάτων και κόστους εξόρυξης. Τα αποθέματα αποτελούν ξεχωριστό συντελεστή παραγωγής και η μείωση τους προκαλεί αρνητικές οικονομίες κλίμακας. Αύξηση των αποθεμάτων είναι δυνατή με την ανακάλυψη νέων αποθεμάτων. Ο ρυθμός ανακάλυψης νέων αποθεμάτων είναι θετική συνάρτηση του κόστους του αποθέματος. Βέβαια τα συνολικά αποθέματα προς ανακάλυψη θεωρούνται πεπερασμένα.

### 5.3.1 Ο μηχανισμός εξαντλούμενων φυσικών πόρων στο GEM-E3

Οι φυσικοί πόροι κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις φυσικές τους ιδιότητες και την χρονική κλίμακα της διαδικασίας προσαρμογής τους. Σύμφωνα με τις φυσικές τους ιδιότητες κατηγοριοποιούνται σε βιολογικούς, μη ενεργειακούς, ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς πόρους ενώ σύμφωνα με την χρονική κλίμακα της διαδικασίας προσαρμογής τους κατηγοριοποιούνται σε ανανεώσιμους, εξαντλήσιμους και αναλώσιμους. Εξαντλήσιμοι πόροι είναι αυτοί που η ταχύτητα προσαρμογής τους είναι τόσο χαμηλή ούτως ώστε να μπορούμε να υποθέσουμε ότι είναι διαθέσιμοι μόνο μια φορά. Στο παρόν τμήμα θα ασχοληθούμε με το μηχανισμό εξάντλησης δύο ενεργειακών πόρων: του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.



Σύμφωνα με την μελέτη του Devarajan (1988) τα υποδείγματα που αναπαριστούν τον μηχανισμό εξάντλησης πόρων κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες:

- "Υποδείγματα διαχείρισης ενέργειας" τα οποία εστιάζουν στην αλληλεπίδραση μεταξύ οικονομίας και ενέργειας. Αυτά τα υποδείγματα αναπαριστούν λεπτομερώς την προσφορά και ζήτηση του ενεργειακού κλάδου ενώ οι μη ενεργειακοί κλάδοι αντιμετωπίζονται είτε αθροιστικά είτε η συμπεριφορά τους ορίζεται με εξωγενή τρόπο.
- "Υποδείγματα **Dutch Disease**" είναι αυτά που μελετούν τις επιπτώσεις από την ισχυρή ανάπτυξη των εξαγωγών ορυκτών καυσίμων στην υπόλοιπη οικονομία. Τα υποδείγματα αυτά έχουν εφαρμοστεί σε οικονομίες των οποίων το εισόδημα εξαρτάται κυρίως από την πώληση ορυκτών καυσίμων.
- "Υποδείγματα βέλτιστης εξάντλησης των αποθεμάτων" τα οποία λαμβάνουν υπ' όψιν τους την εξαντλησιμότητα των πόρων και υπολογίζουν το άριστο μονοπάτι εξάντλησης του πεπερασμένου πόρου.

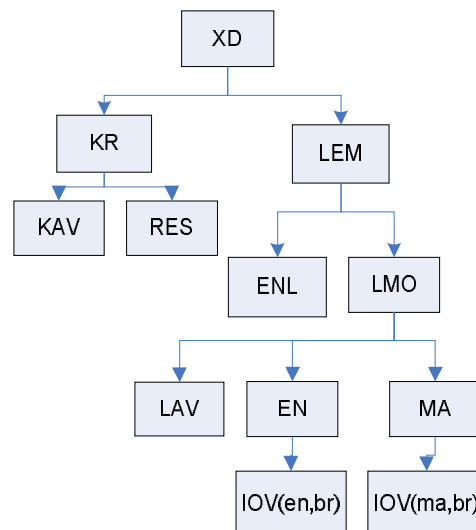
Η μεθοδολογική προσέγγιση αναπαράστασης του μηχανισμού εξάντλησης πεπερασμένων πόρων στην καινούργια έκδοση του υποδείματος GEM-E3 ανήκει στην τρίτη κατηγορία. Έως τώρα στο υπόδειγμα GEM-E3 οι τομείς που παράγουν καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) είχαν μοντελοποιηθεί όπως κάθε άλλος παραγωγικός τομέας, χωρίς να έχουν ληφθεί υπ' όψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους όπως η πεπερασμένη φύση των ορυκτών καυσίμων και δίχως να υπάρχει ένας μηχανισμός προσομοίωσης εξάντλησης των φυσικών αυτών πόρων. Το ενεργειακό υπό-μοντέλο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής ενσωματώνει έναν τέτοιο μηχανισμό εξάντλησης των αποθεμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου. Για την χρονική περίοδο που εκτείνεται το υπόδειγμα (2000-2030) γίνεται η υπόθεση (βάσει των υπολογισμών του USGS) ότι τα αποθέματα άνθρακα είναι άφθονα και δεν χρειάζεται να συμπεριληφθούν στον μηχανισμό προσομοίωσης της εξάντλησης φυσικών πόρων.

Το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη του ενεργειακού υπό-μοντέλου ήταν η αναγνώριση των αποθεμάτων ως ξεχωριστό συντελεστή παραγωγής. Έτσι τα αποθέματα του κάθε καυσίμου αποτελούν ξεχωριστό συντελεστή παραγωγής στο πρώτο επίπεδο της συνάρτησης σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης (CES) μαζί με το κεφάλαιο. Το Σχήμα 5-8

απεικονίζει την ιεραρχική δομή της συνάρτησης CES μετά την εισαγωγή των εξαντλούμενων πόρων.

Ένα βασικό ζήτημα που προκύπτει από τη τροποποίηση αυτή της συνάρτησης παραγωγής αφορά στην εύρεση/επιλογή της ελαστικότητας υποκατάστασης μεταξύ εξαντλούμενων αποθεμάτων και των υπολοίπων συντελεστών παραγωγής. Σε περίπτωση όπου η ελαστικότητα υποκατάστασης είναι μεγαλύτερη της μονάδας συνεπάγεται ότι τα αποθέματα δεν είναι απολύτως απαραίτητα για την παραγωγή του προϊόντος: καθώς η εισροή των πόρων φθίνει και προσεγγίζει το μηδέν το οριακό και μέσο προϊόν του κεφαλαίου τείνει σε ένα θετικό σημείο και δεν φθίνει στο μηδέν.

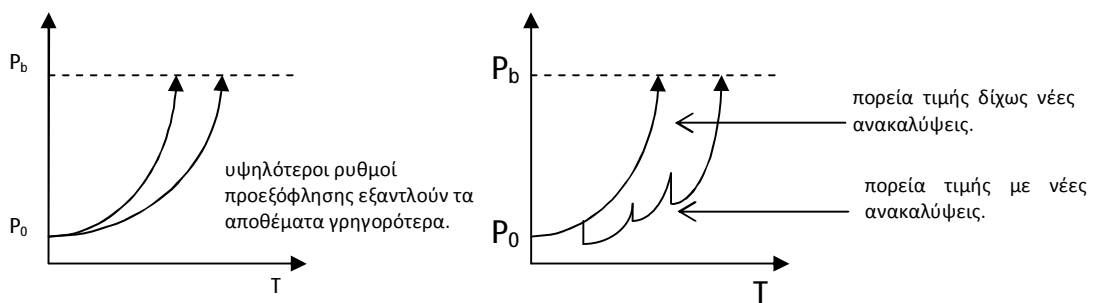
**Σχήμα 5-8: Επίπεδα συνάρτησης παραγωγής CES με την εισαγωγή εξαντλούμενων πόρων**



Στην περίπτωση όπου η ελαστικότητα υποκατάστασης είναι μικρότερη της μονάδας, για κάθε ποσότητα  $Q$  υπάρχει μια ελάχιστη ποσότητα αποθεμάτων  $R$  που είναι απαραίτητη για να είναι εφικτή η παραγωγή (ακόμα και με την χρησιμοποίηση ενός υπερβολικά μεγάλου κεφαλαίου). Με τις δυνατότητες υποκατάστασης που είναι διαθέσιμες στην δεύτερη περίπτωση, οι παραγωγικές δυνατότητες περιορίζονται σημαντικά. Ακόμα και με ένα υπερβολικά μεγάλο κεφαλαιουχικό απόθεμα υπάρχει ένα όριο στην ποσότητα παραγωγής που μπορεί να επιτευχθεί για έναν δεδομένο επίπεδο αποθεμάτων. Οι ελαστικότητες που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στο υπόδειγμα είναι μικρότερες της μονάδας.

5.3.2 Ο μηχανισμός εξάντλησης των αποθεμάτων και η επίπτωση του στην τιμή. Καθώς το απόθεμα φυσικών πόρων εξαντλείται η τιμή του ανεβαίνει και καθώς η τιμή του αποθέματος ανεβαίνει η ζήτηση και η κατανάλωση μειώνονται. Αυτή η αλυσίδα συνεχίζεται έως το σημείο που η τιμή του πόρου φτάσει σε ένα τόσο υψηλό σημείο που επιτρέπει την εισαγωγή μιας εναλλακτικής τεχνολογίας ή ενός υποκατάστατου του ίδιου του πόρου. Η τιμή αυτή ονομάζεται *backstop price*. Το *backstop* απόθεμα βρίσκεται στο επίπεδο κομμάτι της καμπύλης εκμετάλλευσης, έτσι ώστε το απόθεμα να περιορίζεται και η παραγωγή να διακόπτεται. Σε αυτό το σημείο το απόθεμα αποκαλείται οικονομικά εξαντλημένο, πάρα το γεγονός ότι κάποιο σημαντικό μέρος τους αποθέματος παραμένει στο έδαφος. Το Σχήμα 5-9 απεικονίζει την επίπτωση μιας αλλαγής στο επιτόκιο αναγωγής: όσο ψηλότερο είναι το επιτόκιο τόσο πιο γρήγορα το απόθεμα θα εξαντληθεί.

Σχήμα 5-9: Εξαντλήσιμοι πόροι και πορεία τιμής



Η ανακάλυψη νέων αποθεμάτων και νέων τεχνολογιών ωθεί σε μία προς τα κάτω μετατόπιση των τιμών και εκτείνει την διάρκεια ζωής του αποθέματος. Αν αυτό συμβεί σε διακριτό χρόνο τότε η πορεία της τιμής του καυσίμου μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά με τα δόντια ενός πριονιού, διατηρώντας πάντα την προς τα κάτω κυρτότητα (βλ. Σχήμα 5-9).

Στο υπό-μοντέλο η παραγωγή κάθε ενεργειακού προϊόντος είναι συνάρτηση των αποθεμάτων (τα οποία με την σειρά τους είναι συνάρτηση των αποθεμάτων που δεν έχουν ανακαλυφθεί ακόμα (*yet to find reserves*)). Οι τιμές και οι ποσότητες προκύπτουν από την βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς των κλάδων εξόρυξης.

Το USGS ορίζει ως απόθεμα τους πόρους που έχουν ήδη ανακαλυφθεί και η εξόρυξη τους είναι οικονομικά συμφέρουσα (το μέγεθος της συνολικής βάσης των αποθεμάτων θεωρείται άγνωστο). Καθώς η παραγωγή μειώνει τα αποθέματα, η τιμή τους αυξάνει

μετατρέποντας έτσι κάποιους «ακριβούς» πόρους σε διαθέσιμα αποθέματα. Η αύξηση της τιμής προτρέπει στην εντατικοποίηση των ερευνών για ανεύρεση νέων κοιτασμάτων. Για τις ανάγκες του υποδείγματος τα δεδομένα που αφορούν στα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου αποκτήθηκαν από την πιο πρόσφατη έκθεση του USGS. Με την εισαγωγή των αποθεμάτων ως ξεχωριστού συντελεστή στην συνάρτηση παραγωγής των κλάδων εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου ( $rs$ ) το πρόβλημα μεγιστοποίησης της επιχείρησης γίνεται:

$$\mathbf{max} \Pi = PD_{rs} \cdot XD_{rs} - PRES_{rs} \cdot RES_{rs} - PK_{rs} \cdot KAV_{rs} - PLEM_{rs} \cdot LEM_{rs}$$

η εξίσωση που δίνει την μεταβολή των αποθεμάτων είναι:

$$RES_{t,rs} = RES_{t-1,rs} + NRES_{t-1,rs} - XD_{t-1,rs} \quad [1]$$

όπου

PD: η τιμή πώλησης,  $XD_{t,rs}$  = παραγωγή, PRES:  $rent$ ,  $RES_{t,rs}$ = αποθέμα, PK: κόστος κεφαλαίου, KAV: κεφάλαιο, PLEM: τιμή όλων των υπολοίπων συντελεστών παραγωγής, LEM: επίπεδο υπόλοιπων συντελεστών παραγωγής,  $NRES_{t,rs}$ = νέα αποθέματα (ανακαλύψεις).

Επιπλέον τα νέα αποθέματα  $NRES_{t,rs}$  είναι συνάρτηση των αποθεμάτων υπό ανακάλυψη  $YTFR_{t,rs}$  και του ρυθμού ανακάλυψης  $d$

$$NRES_{t,rs} = d \cdot YTFR_{t-1,rs} \quad (2)$$

Από την στιγμή που μία άνοδος της τιμής παρακινεί τον παραγωγό να εντατικοποιήσει την εξερεύνηση για νέα κοιτάσματα ο ρυθμός ανακάλυψης έχει μοντελοποιηθεί ώστε να είναι συνάρτηση της τιμής του αντίστοιχου καυσίμου ( $w$ : βαθμός αντίδρασης του ρυθμού ανακάλυψης στην μεταβολή της τιμής).

$$d(\tilde{p}_i) = \bar{d}_i \cdot \tilde{p}_i^w \quad (3)$$

Η εξίσωση (4) περιγράφει την εξάντληση των ενεργειακών πόρων με βάση την παραγωγή της προηγούμενης περιόδου (η περίοδος στο υπόδειγμα είναι πέντε χρόνια)

$$NRES_{t,i} = period \cdot NRES_{t-1,i} + period \cdot \frac{(NRES_{t,i} - NRES_{t-1,i})}{2} \quad (4)$$

$$XD_{t,rs} = period \cdot XD_{t-1,rs} + period \cdot \frac{(XD_{t,rs} - XD_{t-1,rs})}{2} \quad (5)$$

Όσον αφορά την συνάρτηση παραγωγής και τις άριστες συναρτήσεις ζήτησης/εξόρυξης των αποθεμάτων αυτές προκύπτουν από την επίλυση του παραπάνω προβλήματος μεγιστοποίησης κέρδους της επιχείρησης:

Η συνάρτηση μοναδιαίου κόστους παίρνει την μορφή:

$$P_{rs} = (d_{rs}^{res} \cdot PRES_{rs}^{1-s_e} + d_{rs}^k \cdot Pk_{rs}^{1-s_e} + d_{rs}^{lem} \cdot Plem_{rs}^{1-s_e})^{\frac{1}{1-s_e}} \quad (6)$$

όπου  $P_{rs}$  είναι το μοναδιαίο κόστος παραγωγής του καυσίμου  $rs$ ,  $PRES_e$  είναι η δυική τιμή του περιορισμού [1],  $d_e^{res}$ ,  $d_e^k$ ,  $d_{rs}^{lem}$  είναι τα μερίδια του φυσικού πόρου, του κεφαλαίου και των υπολοίπων συντελεστών παραγωγής αντίστοιχα και  $s_e$  η ελαστικότητα υποκατάστασης.

Από το λήμμα του Shepard καταλήγουμε στη άριστη συνάρτηση ζήτησης αποθεμάτων:

$$R_{rs}^D = d_{rs}^{res} \cdot KR_{rs} \cdot \left( \frac{PRES_{rs}}{P_{rs}} \right)^{s_e} \quad (7)$$

Δεδομένα σχετικά με τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου αποκτήθηκαν από την πλέον πρόσφατη έκδοση του Εθνικού Γεωλογικού Ινστιτούτου των Η.Π.Α. (USGS(2007)). Τα δεδομένα σχετικά με την αμοιβή των φυσικών πόρων (rents) ήταν διαθέσιμα από την βάση δεδομένων GTAP.

#### 5.4 Ατελής ανταγωνισμός στην αγορά προϊόντος

Η εισαγωγή ατελειών στην αγορά προϊόντος της παγκόσμιας έκδοσης του υποδείγματος GEM-E3 βασίστηκε σε προηγούμενη ερευνητική εργασία που είχε ως στόχο την μελέτη της ενιαίας αγοράς της Ε.Ε. Capros et al (1997). Οι επεκτάσεις που έγιναν στο υπόδειγμα είναι: i) ενδο-κλαδική διαφοροποίηση προϊόντος και ii) τιμολόγηση υπό καθεστώς ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού. Το υπόδειγμα τροποποιήθηκε έτσι ώστε οι κλάδοι με ολιγοπωλιακό ανταγωνισμό να μην παράγουν ένα ομοιογενές προϊόν αλλά διαφορετικές ποικιλίες ενός

αγαθού, οι οποίες είναι ατελή υποκατάστατα. Η ύπαρξη πολλών ποικιλιών ενός αγαθού αφορά στον διαφορετικό προσδιορισμό της ζήτησης εισάγοντας σε αυτήν την ιδιότητα που συχνά αναφέρεται ως «προτίμηση ποικιλίας» [Dixit and Stiglitz (1977)]. Σύμφωνα με αυτήν την ιδιότητα τα νοικοκυριά επιθυμούν την ποικιλία και προτιμούν την κατανάλωση δύο αγαθών από δύο διαφορετικές ποικιλίες παρά την κατανάλωση δύο αγαθών από την ίδια ποικιλία. Η εισαγωγή αυτής της έννοιας στο υπόδειγμα επιτρέπει την αναπαράσταση μια μορφής ενδογενούς τεχνολογικής προόδου στο υπόδειγμα υπό την έννοια ότι το ίδιο επίπεδο χρησιμότητας μπορεί να επιτευχθεί με μία μικρότερη ποσότητα διαφοροποιημένων προϊόντων.

#### 5.4.1 Διαφοροποίηση προϊόντος

Το προϊόν  $C$  κάθε επιχείρησης είναι ένα σύνθετο αγαθό που αποτελείται από διαφορετικές ποικιλίες  $v$ , οι ποικιλίες αυτές θεωρούνται ατελή υποκατάστατα και συνδυάζονται μεταξύ τους μέσω μιας συνάρτησης CES:

$$C = \left[ \sum_{v=1}^n q_v \frac{\sigma-1}{\sigma} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

Όπου  $q$  είναι η ποσότητα μιας συγκεκριμένης ποικιλίας,  $\sigma$  είναι η ελαστικότητα υποκατάστασης μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών, και  $n$  είναι ο αριθμός ποικιλιών που παράγονται από ένα κλάδο. Σε αυτήν την περίπτωση οι συναρτήσεις ζήτησης για μια συγκεκριμένη ποικιλία είναι:

$$q = \left( \frac{P}{pv} \right)^{\sigma} \cdot C$$

Όπου  $pv$  είναι η τιμή κάθε ποικιλίας αγαθού και  $P$  είναι ο δείκτης τιμών των ποικιλιών (δικική της  $C$ ) έτσι ώστε να ισχύει:

$$P = \left[ \sum_{v=1}^n pv^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} = n^{\frac{1}{1-\sigma}} \cdot pv$$

$$P \cdot C = n \cdot pv \cdot q$$

Από την στιγμή που όλες οι ποικιλίες αγαθών προσδιορίζονται συμμετρικά στις προτιμήσεις των νοικοκυριών και χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία για να παραχθούν τα  $q$  και  $pv$  είναι ίδια μεταξύ των επιχειρήσεων. Επίσης ή αύξηση του αριθμού ποικιλιών, παραμενόντων των τιμών σταθερών, αυξάνει την ευημερία του καταναλωτή. Η συνθήκη πρώτης τάξης για μεγιστοποίηση κέρδους παίρνει την μορφή:

$$pv \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) = mc$$

Όπου  $\varepsilon$  είναι η αναμενόμενη (perceived) ελαστικότητα ζήτησης για το προϊόν της επιχείρησης.

#### 5.4.2 Ολιγοπωλιακός ανταγωνισμός

Ο υπολογισμός της ελαστικότητας  $\varepsilon$  εξαρτάται από τον τύπο ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού που ισχύει στις επιχειρήσεις. Στο υπόδειγμα GEM-E3 υποθέτουμε ολιγοπωλιακό ανταγωνισμό τύπου Nash-Cournot. Έτσι σε αυτήν την περίπτωση η αντίληψη που έχουν οι επιχειρήσεις για την ελαστικότητα ζήτησης μεταβάλλεται ενδογενώς και είναι συνάρτηση του μεριδίου αγοράς της επιχείρησης και του αριθμού των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον κλάδο. Σε ένα ολιγοπώλιο Cournot κάθε επιχείρηση υποθέτει ότι οι ανταγωνιστές της διατηρούν σταθερά τα επίπεδα παραγωγής τους όταν αυτή μεταβάλλει τις τιμές. Σε αυτήν την περίπτωση η ελαστικότητα ζήτησης δίνεται από:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\frac{\sigma-1}{n+1}} \Leftrightarrow \frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{\sigma} + \frac{\sigma-1}{\sigma} \cdot \frac{1}{n} = \frac{1}{\sigma} - \left(\frac{1}{\sigma} - 1\right) \cdot \frac{1}{n}$$

Ο αριθμός των επιχειρήσεων σε κάθε κλάδο υπολογίζεται ενδογενώς στο υπόδειγμα. Αυτό γίνεται με την υπόθεση ότι οι επιχειρήσεις εισέρχονται στον κλάδο έως ότου τα συνολικά κέρδη του κλάδου να γίνουν μηδενικά (συνθήκη μηδενικού κέρδους).

$$\sum_{i=1}^n p_i \cdot XD_i = \sum_{i=1}^n MC(p_k, p_l, p_y; K_i, L_i, Y_i)$$

όπου το  $p_i$  προκύπτει από τον τύπο Lerner

$$p_i = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)^{-1} \cdot \frac{\partial MC_i}{\partial XD_i}$$

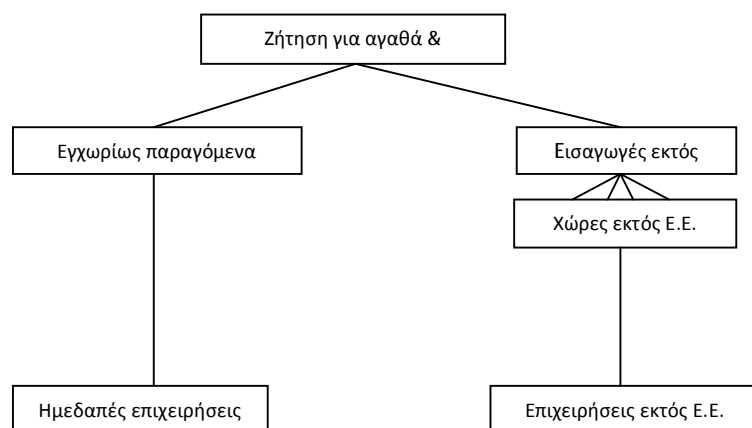
Στο υπόδειγμα υπολογίζονται ενδογενώς δύο ελαστικότητες και επομένως δύο mark up rates. Αυτό συμβαίνει γιατί γίνεται η υπόθεση ότι η επιχείρηση αντιμετωπίζει δύο αγορές: i) την εθνική και ii) τον υπόλοιπο κόσμο.

$$PXD_{PR} \cdot \left(1 - \frac{1}{ydo_{PR}}\right) = PD_{PR}$$

$$PEX_{PR,RW} \left(1 - \frac{1}{yrw_{PR}}\right) = PD_{PR}$$

Με αυτόν τον τρόπο εισάγεται και η έννοια της τιμολογιακής διάκρισης. Προκειμένου να διευρυνθεί και να διαφοροποιηθεί η υποκαταστασιμότητα των προϊόντων που προέρχονται τόσο από τον ίδιο κλάδο όσο και από διαφορετικές περιοχές του κόσμου ή συνάρτηση εμπορίου (Armington) του υποδείγματος διαχωρίστηκε σε τρία επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο ο εγχώριος καταναλωτής επιλέγει μεταξύ εγχωρίως παραγόμενου προϊόντος και εισαγόμενου ανεξαρτήτως προέλευσης. Στο δεύτερο επίπεδο αποφασίζεται πως η ζήτηση για εγχωρίως παραγόμενα αγαθά θα κατανεμηθεί στις διάφορες ποικιλίες τους. Σε αυτό το επίπεδο διαφοροποιούνται οι εισαγωγές από την ΕΕ από τις εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο. Στο τρίτο επίπεδο οι εισαγωγές από κάθε χώρα κατανέμονται στις διάφορες ποικιλίες προϊόντων που παράγονται από τους κλάδους της κάθε χώρας<sup>55</sup>.

**Σχήμα 5-10: Διαφοροποίηση αγορών στο GEM-E3 (επίπεδα Armington)**



<sup>55</sup> Η πολυπλοκότητα αυτής της δομής προκύπτει από την ανάγκη για διαφοροποίηση των ελαστικότητων υποκατάστασης μεταξύ διαφορετικών χωρών προέλευσης.



## 5.5 Αγορά Εργασίας

Το νεοκλασικό υπόδειγμα όπου οι μισθοί αποτελούν τον εξισορροπητικό μηχανισμό στην αγορά εργασίας (η αμοιβή της εργασίας προσαρμόζεται άμεσα έως ότου η προσφορά εργασίας και η ζήτηση εργασίας εξισωθούν) αποτελεί σημείο αναφοράς για την πλειοψηφία των υποδειγμάτων υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας. Η έννοια της ανεργίας στα υποδείγματα αυτά προσεγγίζεται μόνο μέσα από την απόφαση του νοικοκυριού για εργασία και ελεύθερο χρόνο (ηθελημένη ανεργία). Η κλασική προσέγγιση αναγνωρίζει την ύπαρξη ανεργίας βραχυπρόθεσμα. Η Κεϋνσιανή προσέγγιση της αγοράς εργασίας αναγνωρίζει τον ρόλο του μισθού ως εξισορροπητικής μεταβλητής μακροπρόθεσμα αλλά βραχυπρόθεσμα υποθέτει ότι υπάρχει μια σχετική ακαμψία των μισθών η οποία δύναται να επιφέρει ανισορροπία στην αγορά. Χαρακτηριστικό Κεϋνσιανό εργαλείο προσδιορισμού της ανεργίας στην αγορά εργασίας αποτελεί η καμπύλη Philips (1958) σύμφωνα με την οποία ο ρυθμός μεταβολής των μισθών συσχετίζεται αρνητικά με τον πληθωρισμό.

Η πιο σημαντική έρευνα σχετικά με την σχέση μισθών και ανεργίας είναι αυτή των Blanchflower and Oswald (1990). Στην μελέτη τους χρησιμοποίησαν μικρό-δεδομένα ενός μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων στις Η.Π.Α και στο Ηνωμένο Βασίλειο και συμπέραναν ότι υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ πραγματικών μισθών και ανεργίας σε τοπικές αγορές εργασίας. Από την έρευνα τους προέκυψε ότι μία αύξηση κατά 10% στην ανεργία οδηγεί σε 1% μείωσης του μισθού – *ceteris paribus*. Οι Blanchflower and Oswald (1994) αναπαρήγαγαν την έρευνα τους σε δώδεκα χώρες και τα αποτελέσματα τους επαληθεύτηκαν. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία (διεξοδική επισκόπηση των ατελειών στην αγορά εργασίας παρέχεται από τους MaCurdy (1999) και Barros et al. (2001a)) οι ατέλειες στην αγορά εργασίας που οδηγούν σε επίπεδα μισθών υψηλότερα από τους μισθούς ισορροπίας και ταυτόχρονα μπορεί να δώσουν μια εξήγηση στην καμπύλη μισθών των Blanchflower and Oswald (1994) είναι:

1. Ύπαρξη εργατικών συνδικάτων με ισχυρή διαπραγματευτική δύναμη (De Menil (1971)). Τα συνδικάτα χρησιμοποιούν την διαπραγματευτική τους δύναμη προκειμένου να πετύχουν επίπεδα μισθών υψηλότερα από αυτά του σημείου ισορροπίας. Οι μισθοί σε αυτήν την περίπτωση είναι το αποτέλεσμα μιας ολιγοπωλιακής ισορροπίας της αγοράς εργασίας.

2. Ύπαρξη μισθών αποδοτικότητας (**Shapiro & Stiglitz (1984)**) . Σύμφωνα με την θεωρία αυτή οι υψηλοί μισθοί αυξάνουν την προσπάθεια των εργαζομένων και βελτιώνουν την παραγωγικότητα τους. Επιπλέον οι υψηλοί μισθοί προσελκύουν καλύτερης ποιότητας εργαζομένους αλλά και μειώνουν τον ρυθμό αποχώρησης από την εργασία.
3. Νομοθεσία που ορίζει το ύψος του κατώτατου μισθού. Η ύπαρξη κατώτατου μισθού έχει την μεγαλύτερη επίπτωση στην απασχόληση των νέων και ανειδίκευτων εργατών, **Abowd (2004)**.
4. Ατελής πληροφόρηση για την ύπαρξη κενών θέσεων εργασίας και προσφοράς εργασίας (**Mortensen - Pissarides (1999) - search and match**).

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αναπαράστασης της μη ηθελημένης ανεργίας στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας είναι ο εξωγενής προσδιορισμός του κατώτατου μισθού. Στην περίπτωση αυτή αφού οι μισθοί δεν μπορούν να προσαρμοστούν είναι η απασχόληση που προσαρμόζεται προκειμένου να επιτευχθεί ισορροπία. Τα εμπειρικά δεδομένα όμως δείχνουν ότι η ύπαρξη κατώτατων μισθών έχουν επίπτωση κυρίως στο επίπεδο ανεργίας των ανειδίκευτων ή χαμηλόμισθων εργαζομένων και επηρεάζουν σε πολύ χαμηλό ποσοστό το συνολικό επίπεδο ανεργίας. Συγκεκριμένα οι **Brown, Gilroy & Kronen (1982)** δείχνουν ότι η επίπτωση των κατώτατων μισθών στο συνολικό επίπεδο ανεργίας είναι οριακό ενώ ο **Kaufman (1989)** εκτιμά ότι η ελαστικότητα μισθών ανεργίας στην Βρετανία κυμαίνεται στο 0,06. Το αποτέλεσμα του **Kaufman** επαληθεύεται και από τον **Seltzer (1997)** ο οποίος μελέτησε την επίπτωση των κατώτατων μισθών στην Βρετανία τον Καναδά και τις ΗΠΑ. Για την Γαλλία οι περισσότερες αντίστοιχες οικονομετρικές μελέτες δεν έχουν δείξει κάποια σημαντική σχέση κατώτατων μισθών και ανεργίας **Abowd & Kramarz (1999)**. Αντίστοιχη μελέτη του **ΟΟΣΑ(1998)** για ένα μεγάλο αριθμό χωρών συμπεραίνει ότι ο συντελεστής του κατώτατου μισθού είναι σημαντικός για τους νέους (15-18), κοντά στο μηδέν για ηλικίες (18-29) και μηδέν για τις μεγαλύτερες ηλικίες

Μια διαφορετική προσέγγιση αποτελεί η υπόθεση ότι το επίπεδο της αμοιβής της εργασίας και το ποσοστό ανεργίας συσχετίζονται αρνητικά. Η προσέγγιση αυτή είναι συνεπής με την θεώρηση των μισθών αποδοτικότητας (**Shapiro & Stiglitz (1984)**) σύμφωνα με την οποία η παραγωγικότητα ή η ποιότητα της εργασίας είναι αύξουσα συνάρτηση του μισθού). Σε

περιόδους υψηλής ανεργίας οι επιχειρήσεις δεν έχουν το κίνητρο να παρέχουν υψηλούς μισθούς για να προσελκύσουν ή να αυξήσουν την παραγωγικότητα των εργαζομένων τους. Αντίθετα σε χαμηλά επίπεδα ανεργίας είναι αποδοτικό για τις επιχειρήσεις να προσφέρουν υψηλότερους μισθούς από το σημείο ισορροπίας μισθών διότι με αυτόν τον τρόπο αυξάνουν την παραγωγικότητα του, δημιουργούν ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες και μειώνουν τις πιθανότητες αποχώρησης των εργαζομένων και επομένως τα έξοδα από ανεύρεση και εκπαίδευση νέου προσωπικού, Phelps (1994), Campbell και Orszag (1998).

Η ανεργία που προκύπτει από την αδυναμία πλήρωσης των κενών θέσεων εργασίας λόγω ατελούς πληροφόρησης προσεγγίζεται από την καμπύλη *Beveridge*<sup>56</sup> όπου η αγορά εργασίας χαρακτηρίζεται από άνεργους που ψάχνουν για εργασία και από επιχειρήσεις που προσπαθούν να καλύψουν τις κενές θέσεις που έχουν (*search and matching*). Τα υποδείγματα τα οποία υιοθετούν την προσέγγιση αυτή χρησιμοποιούν μια στοχαστική συνάρτηση 'ταιριάσματος' των ανέργων με τις κενές θέσεις εργασίας. Ο αριθμός των εργαζομένων που αναζητούν εργασία και των επιχειρήσεων που ζητούν εργασία προσδιορίζουν την πιθανότητα κάλυψης μιας κενής θέσης (Maechler & Roland-Holst, 1997). Επίσης η αναπαράσταση της μη ηθελημένης ανεργίας μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εισαγωγής στο υπόδειγμα συλλογικών διαπραγματεύσεων μεταξύ επιχειρήσεων και εργατικών συνδικάτων. Τα μοντέλα διαπραγμάτευσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αντικείμενο της διαπραγμάτευσης. Στην πρώτη κατηγορία τα ενδιαφερόμενα μέρη διαπραγματεύονται το επίπεδο του μισθού και σε δεύτερο στάδιο (αφότου ο μισθός έχει καθοριστεί) οι επιχειρήσεις επιλέγουν τον άριστο χρόνο εργασίας που επιθυμούν ("Right to manage model" - Nickell and Andrews (1983), Sørensen, (1999)). Στην δεύτερη κατηγορία πραγματοποιείται ταυτόχρονη αποδοτική διαπραγμάτευση μισθών και απασχόλησης ('efficient bargain model' McDonald and Solow(1981)). Και στα δύο αυτά μοντέλα η διαπραγμάτευση γίνεται μέσω της μεγιστοποίησης μιας συνάρτησης Nash στην οποία περιλαμβάνονται οι συναρτήσεις χρησιμότητας των συνδικάτων και των

---

<sup>56</sup> Nickell, S; Nunziata L; Ochel W & Quintini G. *"The Beveridge Curve, Unemployment and Wages in the OECD from the 1960s to the 1990s"*

επιχειρήσεων καθώς και οι συναρτήσεις αντίδρασης σε περίπτωση που η διαπραγμάτευση αποτύχει.

### 5.5.1 Μισθοί αποτελεσματικότητας

Για την βελτίωση του τρόπου αναπαράστασης της αγοράς εργασίας στο υπόδειγμα GEM-E3 επιλέχθηκε η χρήση των μισθών αποτελεσματικότητας. Η επιλογή αυτή υποστηρίζεται από τα εμπειρικά δεδομένα των Blanchflower and Oswald (1994). Επιπλέον η συνάρτηση προσφοράς εργασίας που προκύπτει περιλαμβάνει μικρό αριθμό παραμέτρων επιτρέποντας έτσι την ευκολότερη προσαρμογή της στα εμπειρικά δεδομένα κάθε χώρας. Η εισαγωγή των μισθών αποδοτικότητας στο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας βασίζεται στην εφαρμογή των Shapiro & Stiglitz και Annabi (2003). Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Η συνάρτηση χρησιμότητας  $U_s$  ενός παραγωγικού εργαζόμενου δίνεται από την σχέση:

$$rltlr \cdot U_s = wrmean - (q + b) \cdot (U_s - U_u)$$

όπου  $q$  είναι η την πιθανότητα να αντιληφθεί ο εργοδότης ότι ο εργαζόμενος δεν δουλεύει,  $b$  ο ρυθμός παραίτησης από την εργασία,  $rltlr$  το επιτόκιο,  $wrmean$  ο μισθός και  $U_u$  η συνάρτηση χρησιμότητας του ανέργου. Η συνάρτηση χρησιμότητας ενός μη παραγωγικού εργαζόμενου δίνεται από την σχέση:

$$rltlr \cdot U_n = wrmean - e - b \cdot (U_n - U_u)$$

όπου  $e \geq 0$  είναι η μείωση της χρησιμότητας από την καταβολή προσπάθειας (για τον παραγωγικό εργάτη ισχύει  $e = 0$ ). Η χρησιμότητα ενός ανέργου είναι:

$$rltlr \cdot U_u = \overline{wr} + a \cdot (U_n - U_u)$$

όπου  $\overline{wr}$  είναι το επίδομα ανεργίας και  $a$  η πιθανότητα να βρει εργασία.

Ο εργαζόμενος αποφασίζει να μην εργάζεται παραγωγικά εάν  $U_n \geq U_s$ . Αυτή η ανισότητα προσδιορίζει την συνθήκη αποδοτικότητας. Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση χρησιμότητας του παραγωγικού και μη παραγωγικού εργαζόμενου η συνθήκη αποδοτικότητας μπορεί να ξαναγραφεί ως:

$$wrmean \geq \bar{wr} + e + \frac{e \cdot (a + b + r)}{q}$$

Από την εξίσωση αυτή παρατηρούμε ότι ο μισθός αποδοτικότητας είναι αύξουσα συνάρτηση του ρυθμού παραίτησης, της πιθανότητας πρόσληψης, του επιτοκίου, του επιδόματος ανεργίας, και της παραμέτρου  $e$ , ενώ είναι φθίνουσα συνάρτηση της πιθανότητας ο εργοδότης να αντιληφθεί ότι ο εργαζόμενος δεν δουλεύει. Στην ισορροπία ο αριθμός των εργαζομένων που μένουν άνεργοι θα πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των ανέργων που βρίσκουν εργασία

$$b \cdot L = a \cdot (LS - L)$$

Το ποσοστό ανεργίας μετράται ως

$$u = \frac{LS - L}{LS}$$

Έτσι η συνθήκη αποδοτικότητας (συνάρτηση μισθού ανεργίας) γίνεται:

$$wrmean = \bar{wr} + e + \frac{e}{q} \cdot \left( \frac{b}{u} + rltlr \right)$$

Η συνθήκη αποδοτικότητας αποτελεί την συνάρτηση προσφοράς εργασίας. Η συνθήκη αυτή προσαρμόστηκε προκειμένου να αντικατοπτρίζει τον πραγματικό μισθό και αντικατέστησε την συνθήκη ισορροπίας  $LAV^S \geq LAV^D$  από την οποία προέκυπτε ο μισθός ισορροπίας στην βασική έκδοση του υποδείγματος GEM-E3. Όπου  $PCI$  ο δείκτης τιμών καταναλωτή και  $eg$  η παράμετρος προσαρμογής της καμπύλης μισθού στα εμπειρικά δεδομένα κάθε χώρας.

$$wrmean \cdot \frac{PCI}{PCI} = \bar{wr} + e + \frac{e}{q} \cdot \left[ \left( \frac{b}{u} \right)^{eg} + rltlr \right]$$

## 5.6 Η κατασκευή σεναρίου αναφοράς

Στα υποδείγματα γενικής ισορροπίας το σενάριο αναφοράς έχει ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο αφού αποτελεί την βάση στην οποία αξιολογούνται όλα τα σενάρια πολιτικής. Στο GEM-E3 το σενάριο αναφοράς κατασκευάζεται με την χρήση κατάλληλων υποθέσεων για τις

εξωγενείς μεταβλητές του υποδείγματος (τεχνική πρόοδος, προσδοκίες για την ανάπτυξη των κλάδων και πληθυσμός). Η περίοδος που καλύπτει το υπόδειγμα εκτείνεται από το έτος βάσης 2000 και φτάνει με ένα πενταετές βήμα έως και το 2030.

#### 5.6.1 Υποθέσεις σεναρίου αναφοράς

Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας δεν χρησιμοποιούνται για προβλέψεις αλλά για την μελέτη των αλλαγών που προκύπτουν λόγω της απομάκρυνσης της οικονομίας από το αρχικό σημείο ισορροπίας. Η κατασκευή του σεναρίου αναφοράς συνίσταται στον προσδιορισμό i) της συνολικής μεγέθυνσης/συρρίκνωσης της οικονομίας και ii) των διαρθρωτικών αλλαγών στην οικονομία που μπορεί να είναι αποτέλεσμα τόσο της τεχνικής προόδου όσο και πολιτικών μεταρρυθμίσεων. Επειδή είναι σχεδόν αδύνατον να συλλεχθούν και να ενσωματωθούν όλες οι πληροφορίες για κάθε ένα οικονομικό παράγοντα του υποδείγματος συνήθως η κατασκευή του σεναρίου αναφοράς βασίζεται στην υιοθέτηση συγκεκριμένων υποθέσεων που αφορούν:

i) υπόθεση για εξέλιξη του πληθυσμού και του ενεργού εργατικού δυναμικού (οι υποθέσεις αυτές για την κατασκευή του παρόντος σεναρίου αναφοράς έχουν προκύψει από τις μακροχρόνιες προβλέψεις εργατικού δυναμικού του διεθνούς οργανισμού εργασίας (ILO) και της EUROSTAT, EUROPOP),

ii) υποθέσεις για την τεχνική πρόοδο της εργασίας, του κεφαλαίου, της ενέργειας και των υλικών παραγωγής ανά κλάδο (οι υποθέσεις αυτές αντανακλούν τα στοιχεία αντίστοιχων παραγωγικότητας που παρουσιάζονται σε εξειδικευμένες μελέτες<sup>57</sup> αλλά και προσαρμόζονται με βάση τις κλαδικές ή/και μακροοικονομικές μακροχρόνιες προβλέψεις εξειδικευμένων υποδειγμάτων).

#### 5.6.2 Το σενάριο αναφοράς για την Ε.Ε.

Η κατασκευή του σεναρίου αναφοράς της Ε.Ε. βασίστηκε σε τρεις άξονες i) τη μακροχρόνια σύγκλιση του κατά κεφαλή ΑΕΠ των κρατών μελών ii) την χρήση παραγωγικότητας που προκύπτουν από την σχετική βιβλιογραφία iii) την ενσωμάτωση μακροχρόνιων μακροοικονομικών προβλέσεων από την DG-ECFIN.

---

<sup>57</sup> EU-KLEMS

Κατά μέσο όρο η συνολική παραγωγικότητα (total factor productivity) στο σύνολο της Ε.Ε. έχει υπολογιστεί<sup>58</sup> ότι βρίσκεται κοντά στην μονάδα. Η υπόθεση που έγινε στην κατασκευή του σεναρίου αναφοράς για την Ε.Ε. είναι ότι οι συνολικές παραγωγικότητες ανά χώρα τείνουν να συγκλίνουν στο ιστορικό μέσο TFP της Ε.Ε. Η ταχύτητα σύγκλισης εξαρτάται από το σχετικό εισόδημα των διαφορετικών κρατών μελών (όσο μικρότερο είναι το κατά κεφαλήν εισόδημα τόσο πιο γρήγορη θα είναι η σύγκλιση).

**Πίνακας 5-13: Ετήσιος ρυθμός μεταβολής ΑΕΠ κρατών μελών Ε.Ε.**

ΑΕΠ (σε Εκατ. € 2000)							Ετήσιοι ρυθμοί μεταβολής		
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	05-10	10-20	20-30
Αυστρία	200488	226671	250403	274051	296822	315920	2,49	1,92	1,43
Βέλγιο	244300	274768	305667	334850	363896	390950	2,38	2,00	1,56
Βουλγαρία	15889	20679	27243	36504	48275	62887	5,41	5,85	5,59
Γερμανία	1927601	2119799	2327387	2514484	2678717	2816673	1,92	1,72	1,14
Δανία	158792	179062	197688	214494	229941	244959	2,43	1,82	1,34
Φιλανδία	133413	155303	171865	187681	203413	216260	3,09	1,91	1,43
Γαλλία	1385461	1557234	1765045	1972670	2172306	2354662	2,37	2,39	1,79
Ελλάδα	135810	161469	187823	213130	236791	255949	3,52	2,81	1,85
Ιταλία	1104429	1201159	1328349	1452818	1577305	1689810	1,69	1,92	1,52
Ιρλανδία	121812	153669	184124	216285	248325	275973	4,76	3,48	2,47
Ολλανδία	400825	459516	510900	557058	602913	643570	2,77	1,94	1,45
Πορτογαλία	113025	123968	141852	163161	186924	209306	1,87	2,79	2,52
Ισπανία	678962	798282	930874	1057068	1166194	1254933	3,29	2,85	1,73
Σουηδία	258786	302179	340455	378864	417389	451938	3,15	2,29	1,78
Η.Β.	1593143	1808152	2034249	2276143	2513858	2725444	2,56	2,33	1,82
Ουγγαρία	51585	60873	73015	85741	98780	111423	3,37	3,48	2,65
Πολωνία	195131	241056	308265	377751	452554	523460	4,32	4,59	3,32
Ρουμανία	47629	63133	85106	111963	144600	183488	5,80	5,90	5,06
Σλοβενία	21999	26815	30876	34605	38296	41658	4,04	2,58	1,87
Τσεχία	67496	84266	100469	120572	137908	153635	4,54	3,65	2,45
Σλοβακία	25152	33008	41408	51191	60937	69778	5,59	4,49	3,15
Εσθονία	8147	11916	14638	17334	19974	22025	7,90	3,82	2,42
Λετονία	11377	16728	22500	28211	33916	38477	8,01	5,37	3,15
Λιθουανία	15959	21741	27881	34566	42111	50013	6,38	4,75	3,76
ΕΕ24	8917211	10101447	11408081	12711195	13972143	15103190	2,53	2,32	1,74

Πηγή: GEM-E3-EU.

Η εξέλιξη των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού έχει βασιστεί στις προβλέψεις του ενεργειακού υποδείγματος PRIMES όπως αυτές δημοσιεύτηκαν στο "Trends to 2030" DG-

<sup>58</sup> Maludos et. al (1998), AMECO (EC online database).

TREN. Όσον αφορά στον κλάδο ενέργειας τα κύρια χαρακτηριστικά του σεναρίου αναφοράς αφορούν στην αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού κατά 1,3% ανά έτος. Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με καύσιμο τον άνθρακα και το πετρέλαιο παρουσιάζουν μείωση των μεριδίων παραγωγής τους κατά τρεις φορές το 2030. Τεχνολογίες όπως η αεριοποίηση άνθρακα και gas turbine cycle υποθέτουμε ότι θα παράγουν το 40% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρισμού το 2030. Τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες αν και αναμένεται να παρουσιάσουν τους υψηλότερους ρυθμούς διεύθυνσης δεν θα παράγουν πάνω από το 10% του συνολικού ηλεκτρισμού το 2030.

### 5.6.3 Το σενάριο αναφοράς για τον Κόσμο.

Οι υποθέσεις για την εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας και των επιμέρους χωρών που συμπεριλαμβάνονται στο υπόδειγμα GEM-E3 βασίστηκαν τόσο σε μελέτες που αφορούν την συνολική παραγωγικότητα και την παραγωγικότητα της εργασίας Takano (2002), Felipe (1997), Nehru et al (1994) όσο και στις προβλέψεις οικονομικής συγκυρίας από το Διεθνές νομισματικό ταμείο (IMF), τον ΟΟΣΑ και την παγκόσμια τράπεζα. Οι προβλέψεις για την εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρισμού βασίστηκαν στην μελέτη "World Energy Outlook" IEA (2005),

Τα αποτελέσματα του σεναρίου αναφοράς για τον κόσμο δείχνουν μια μικρή επιβράδυνση του παγκόσμιου ρυθμού ανάπτυξης για τα επόμενα 20 χρόνια, από 2,8% το 2010 σε 2,4% το 2030.



**Πίνακας 5-14: Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή παγκόσμιου ΑΕΠ**

	05-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Η.Π.Α.	1,93	2,93	2,66	2,42	2,19
Ιαπωνία	1,53	2,16	1,78	1,67	1,56
Καναδάς	1,96	2,98	2,80	2,54	2,27
Οκεανία	2,40	3,05	2,27	1,97	1,62
Λοιπή Ευρώπη	1,91	2,28	2,26	1,96	1,60
Ε.Ε.27	2,53	2,39	2,24	1,89	1,59
CIS	5,90	4,27	3,64	3,28	2,92
Μεξικό - Βενεζουέλα	2,51	3,18	3,12	2,76	2,37
Μέση Ανατολή	4,70	4,08	3,96	3,84	3,76
Βραζιλία	3,41	3,46	3,08	2,78	2,54
Νότια Αφρική	4,93	3,47	3,41	3,39	3,43
Μεσογειακές χώρες	4,28	3,86	3,60	3,21	2,84
Ανατολική ασία	4,74	4,58	4,16	3,65	3,17
Λατινική Αμερική	4,49	3,52	3,23	2,94	2,63
Κίνα	8,90	6,17	5,47	4,64	4,02
Ινδία	7,27	5,95	5,06	4,40	3,75
Υπόλοιπη Ασία	5,49	5,23	5,05	4,78	4,46
Υπόλοιπη Αφρική	4,50	3,16	3,11	3,10	3,14
Κόσμος	2,82	3,20	2,93	2,65	2,40

Πηγή: GEM-E3

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5*

**Πίνακας 5-15: Παραγωγικότητα εργασίας ΕΕ-25<sup>59</sup> (1994-2005) ανά κλάδο - ετήσιοι ρυθμοί μεταβολής**

	Προσπθέμενη αξία	Σύνολο απασχολουμένων	Σύνολο ωρών απασχόλησης	Προσπθέμενη αξία ανα ώρα
Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και τηλεπικοινωνίες	6,5	-0,4	-0,7	7,2
Μηχανολογικός εξοπλισμός	1,4	-0,9	-1,1	2,5
Λοιπές βιομηχανίες	1,3	-0,5	-0,7	0,2
Υπηρεσίες διανομής	2,6	1,1	0,6	0,2
Χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και αγοραίες υπηρεσίες	3,5	3,7	3,4	0,1
Κοινωνικές υπηρεσίες	1,8	2,5	1,9	-0,1
Μη αγοραίες υπηρεσίες	1,7	1,2	0,9	0,8
<b>Σύνολο</b>	<b>2,2</b>	<b>01</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>

Πηγή: EU-KLEMS.

**Πίνακας 5-16: Συνολική παραγωγικότητα (Total Factor Productivity) ΕΕ27**

		2007-2020	2021-2030			2007-2020	2021-2030
BE	01	1,1		LU	01	1,1	
BG	1,3	1,7		HU	1,4	1,6	
CZ	2,4	1,3		MT	1,3	1,3	
DK	1,1	1,1		NL	1,1	1,1	
DE	01	1,1		AT	1,1	1,1	
EE	2,2	1,8		PL	1,6	1,7	
IE	1,2	1,1		PT	0,8	1,4	
EL	1,2	1,3		RO	2,1	1,8	
ES	0,7	1,5		SI	1,6	1,3	
FR	01	1,1		SK	2,8	1,8	
IT	0,6	1,1		FI	1,6	1,1	
CY	01	1,5		SE	1,3	1,1	
LV	2,4	1,8		UK	1,2	1,1	
LT	2,2	1,8		EU27	1,1	1,2	

Πηγή: EUROSTAT.

<sup>59</sup> δεν περιλαμβάνεται η Βουλγαρία και η Ρουμανία.

Πίνακας 5-17: Πρόβλεψη εξέλιξης ανθρώπινου δυναμικού ΕΕ25

	% ετήσια αλλαγή					
	2008	2010	2020	2030	2008-2020	2008-2030
BE	7,0	7,1	7,2	7,1	0,13	0,06
BG	5,3	5,2	4,7	4,3	-0,54	-0,95
CZ	7,4	7,3	6,9	6,7	-0,32	-0,45
DK	3,6	3,6	3,6	3,5	0,00	-0,13
DE	54,4	54,2	52,6	47,9	-0,15	-0,58
EE	0,9	0,9	0,8	0,8	-0,53	-0,53
IE	3,0	3,1	3,5	3,8	0,70	1,08
GR	7,5	7,6	7,5	7,3	0,00	-0,12
ES	31,1	31,9	33,9	34,0	0,39	0,41
FR	40,3	40,6	40,4	40,4	0,01	0,01
IT	39,2	39,4	39,3	38,1	0,01	-0,13
LV	1,6	1,6	1,4	1,3	-0,61	-0,94
LT	2,3	2,3	2,2	2,0	-0,20	-0,63
HU	6,9	6,9	6,5	6,2	-0,27	-0,49
NL	11,1	11,1	10,9	10,4	-0,08	-0,30
AT	5,6	5,7	5,8	5,6	0,16	0,00
PL	27,1	27,2	25,4	23,6	-0,29	-0,63
PT	7,1	7,2	7,3	7,2	0,13	0,06
RO	15,0	14,9	14,1	13,4	-0,28	-0,51
SI	1,4	1,4	1,3	1,3	-0,34	-0,34
SK	3,9	3,9	3,7	3,5	-0,24	-0,49
FI	3,5	3,5	3,4	3,2	-0,13	-0,41
SE	6,0	6,1	6,1	6,2	0,08	0,15
UK	40,7	41,1	42,0	42,8	0,14	0,23
NO	3,1	3,2	3,3	3,4	0,28	0,42
EU27	333,2	335,0	331,9	321,9	-0,02	-0,16

Πηγή: ILO

Π.5. 4: Αναλυτική περιγραφή μεθόδου προσαρμογής των τεχνικοοικονομικών δεδομένων με τα στοιχεία του πίνακα εισροών εκροών.

Η μέθοδος συνίσταται στην ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης [1]:

$$obj = w1_r \cdot obj1_r + \sum_{et} (w2_{et,r} \cdot obj2_{et,r}) + w3_r \cdot obj3_r + w4_r \cdot obj4_r + \sum_{et} (w5_{et,r} \cdot obj5_{et,r}) + \sum_{et} (w6_{et,r} \cdot obj6_{et,r}) + \sum_{et} \sum_{inp} (w7_{et,r,inp} \cdot obj7_{et,r,inp}). \quad [1]$$

υπό τους περιορισμούς

$$obj1 = \left[ \ln \left( \frac{gen\_td_r}{gen\_td\_0_r} \right) \right]^2 \quad [2]$$

$$obj2 = \left[ \ln \left( \frac{gen\_et_r}{gen\_et\_0_r} \right) \right]^2 \quad [3]$$

$$obj3 = \left[ \ln \left( \frac{lab\_td_r}{lab\_td\_0_r} \right) \right]^2 \quad [4]$$

$$obj4 = \left[ \ln \left( \frac{cap\_td_r}{cap\_td\_0_r} \right) \right]^2 \quad [5]$$

$$obj5 = \left[ \ln \left( \frac{lab\_gen_r}{lab\_gen\_0_r} \right) \right]^2 \quad [6]$$

$$obj6 = \left[ \ln \left( \frac{cap\_gen_r}{cap\_gen\_0_r} \right) \right]^2 \quad [7]$$

$$obj7 = \left[ \ln \left( \frac{fuel_r}{fuel\_0_r} \right) \right]^2 \quad [8]$$

$$\sum_{et} gen_{et,r} = gen\_td_r \quad [9]$$

$$ele_r = \sum_{et} gen_{et,r} + lab\_td_r + cap\_td_r + mat_r \quad [10]$$

$$gen_{et,r} = \sum_{inp} fuel_{et,inp,r} + cap\_gen_r + lab\_gen_r \quad [11]$$

$$\sum_{et} (cap\_gen) + cap\_td = cap\_ele \quad [12]$$

$$\sum_{et} (lab\_gen) + lab\_td = lab\_ele \quad [13]$$

$$\sum_{inp} (fuel_{inp}) = \sum_{inp} (fuel\_0_{inp}) \quad [14]$$

όπου,

$r$ : χώρες

$et$ : ενεργειακές τεχνολογίες

$inp$ : καύσιμα

$w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7$ : βάρη (παράμετροι).

$lab\_gen, cap\_gen$ : το κεφάλαιο και η εργασία που αντιστοιχούν στον κλάδο παραγωγής ηλεκτρισμού (μεταβλητές).

$lab\_td, cap\_td$ : το κεφάλαιο και η εργασία που αντιστοιχούν στον κλάδο διανομής και μετάδοσης (μεταβλητές).

$lab\_et, cap\_et$ : το κεφάλαιο και η εργασία που αντιστοιχούν στις διαφορετικές τεχνολογίες ηλεκτρισμού (μεταβλητές).

$fuel$ : καύσιμα ανα τεχνολογία (μεταβλητές)

$mat$ : υλικά που χρησιμοποιούνται από τον κλάδο διανομής και μετάδοσης (παράμετροι).

Σημείωση: όλα τα σύμβολα με  $_0$  στο τέλος αντιστοιχούν σε παραμέτρους.

Π.5. 2: Οι εκδόσεις του υποδείγματος GEM-E3:

### 1. Ευρωπαϊκή έκδοση GEM-E3-EU-Basic.

Η ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος περιλαμβάνει τις 27 χώρες-μέλη της Ε.Ε. εκτός της Κύπρου, της Μάλτας και του Λουξεμβούργου. Οι κλάδοι παραγωγής που περιλαμβάνει το υπόδειγμα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5-18: Κλάδοι παραγωγής της Ευρωπαϊκής έκδοσης του υποδείγματος GEM-E3.

N	Κλάδος	Κατηγοριοποίηση CPA
1	Γεωργία	01,02,05
2	Άνθρακας	10,23
3	Πετρέλαιο	11,23
4	Φυσικό αέριο	11,40
5	Ηλεκτρισμός	40
6	Σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα	12,13,26,27
7	Χημική βιομηχανία	24
8	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	08,14,25
9	Ηλεκτρικά αγαθά	31,32
10	Εξοπλισμός μεταφορών	34,35
11	Λοιπά εξοπλιστικά αγαθά	29,30,33
12	Καταναλωτικά αγαθά	15,16,17,18,19,20,22,25,36,37
13	Κατασκευές	45
14	Τηλεπικοινωνίες	64
15	Μεταφορές	60,61,62,63
16	Χρηματοπιστωτικές και ασφαλιστικές	65,66,67
17	Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	41,50,51,52,55,70,71,72,73,74,90,92,
18	Μη αγοραίες υπηρεσίες	75,80,85,91,95

Το υπόδειγμα περιλαμβάνει πίνακες που μεταφράζουν την κατανάλωση ανά σκοπό (COICOP) σε ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα. Οι διαστάσεις του πίνακα αυτού είναι 18 προϊόντα ανά 13 λειτουργικές διακρίσεις κατανάλωσης (Πίνακας 5-19). Αντίστοιχα περιλαμβάνονται πίνακες επενδύσεων που μετατρέπουν την επένδυση του κάθε κλάδου σε ζήτηση για επενδυτικά προϊόντα (η διάσταση των πινάκων αυτών είναι 18 κλάδοι x 18 προϊόντα). Οι χώρες μέλη της Ε.Ε. συνδέονται μεταξύ τους μέσω πινάκων διμερούς εμπορίου ενώ η προσφορά προϊόντων από τον υπόλοιπο κόσμο όπως και οι τιμές των εισαγόμενων προϊόντων προσδιορίζονται εξωγενώς στο υπόδειγμα. Η ζήτηση εισαγωγών

από τον υπόλοιπο κόσμο προσδιορίζεται από τις σχετικές τιμές προσδιορίζεται από τις σχετικές τιμές εγχωρίως παραγόμενων και εισαγόμενων προϊόντων.

**Πίνακας 5-19: Λειτουργικές διακρίσεις καταναλωτικών προϊόντων (COICOP).**

No	Λειτουργική διάκριση.	Κατηγορία	Κατηγοριοποίηση COICOP <sup>60</sup>
1	Τρόφιμα, αναψυκτικά και καπνός	<b>Μη Διαρκή</b>	01,02
2	Ρουχισμός	<b>Μη Διαρκή</b>	03
3	Σπίτια και Νερό	<b>Μη Διαρκή</b>	04.1,04.2,04.3,04.4
4	Καύσιμα και ηλεκτρισμός	<b>Μη Διαρκή</b>	04.5
5	Έπιπλα οικιακής χρήσης	<b>Μη Διαρκή</b>	05.1,05.2,05.4,05.5,05.6
6	Συσκευές θέρμανσης, ψύξης,	<b>Διαρκή</b>	05.3
7	Υπηρεσίες υγείας και ιατρικής περίθαλψης	<b>Μη Διαρκή</b>	06
8	Αγορά οχημάτων μεταφοράς	<b>Διαρκή</b>	07.1
9	Χρήση οχημάτων μεταφοράς	<b>Μη Διαρκή</b>	07.2
10	Μέσα μαζικής μεταφοράς	<b>Μη Διαρκή</b>	07.3
11	Υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών	<b>Μη Διαρκή</b>	08
12	Υπηρεσίες αναψυχής, πολιτισμού κλπ.	<b>Μη Διαρκή</b>	09
13	Λοιπές υπηρεσίες.	<b>Μη Διαρκή</b>	10,11,12

Τα βασικά χαρακτηριστικά του GEM-E3-EU-Basic είναι:

- Τέλειος ανταγωνισμός στις αγορές προϊόντος.
- Κινητικότητα κεφαλαίου: **(i)** εξειδικευμένο κεφάλαιο ανά κλάδο – μη κινητικότητα κεφαλαίων, **(ii)** κινητικότητα κεφαλαίου σε εθνικό επίπεδο, **(iii)** κινητικότητα κεφαλαίου σε διεθνές επίπεδο - πλήρης κινητικότητα.
- Ενσωμάτωση όλων των αερίων του θερμοκηπίου και των καμπύλων οριακής μείωσης κόστους (**Marginal Abatement Cost Curves**).
- Ενσωμάτωση των ατμοσφαιρικών ρύπων **PM10, VOC,NOX** και **SO2**.

<sup>60</sup> Classification of Individual Consumption by Purpose



- Είναι δυναμικό μέσω μηχανισμού συσσώρευσης κεφαλαίου. Το υπόδειγμα προσφέρει δυναμικές προεκτάσεις στους όγκους, τις αξίες και τους αποπληθωριστές που περιλαμβάνονται στους εθνικούς λογαριασμούς και στους πίνακες εισροών-εκροών (ανά χώρα μέλος και κλάδο).
- Έτος βάσης είναι το **2000**.
- Συμμετοχή όλων των οικονομικών παραγόντων: νοικοκυριά, επιχειρήσεις, κράτος και ξένος τομέας (η συμπεριφορά του δημόσιου τομέα είναι εξωγενής στο υπόδειγμα).
- Διανομή εισοδήματος και μεταβιβάσεις μεταξύ των οικονομικών παραγόντων υπό τη μορφή πλήρους πίνακα κοινωνικής λογιστικής. Απασχόληση, κεφάλαιο, επενδύσεις κατά κλάδο και χώρα. Χρηματοοικονομικές ροές και ισοζύγιο πληρωμών κατά χώρα.
- Αγορά δικαιωμάτων ρύπων του θερμοκηπίου σε κλαδικό και διεθνές επίπεδο.

Καλύπτονται όλα τα κύρια μέσα δημοσιονομικής πολιτικής: **i)** άμεση και έμμεση φορολογία, **ii)** ΦΠΑ, **iii)** φόροι στη χρήση της ενέργειας και περιβαλλοντικοί φόροι, **iv)** φόροι ακίνητης περιουσίας, φόροι κεφαλαίου, **v)** κοινωνική ασφάλιση, κοινωνικές παροχές, **vi)** επιδοτήσεις (στην παραγωγή και στις εξαγωγές), **vii)** εισαγωγικοί δασμοί και εμβάσματα από το εξωτερικό.

## **2. Ευρωπαϊκή έκδοση GEM-E3-EU-GEN.**

Η GEM-E3-EU-GEN έκδοση του υποδείγματος περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της GEM-E3-EU-Basic και επιπλέον περιλαμβάνει λεπτομερή αναπαράσταση του ηλεκτρισμού (κλάδος 5 στην έκδοση GEM-E3-EU-Basic). Η μεθοδολογία του διαχωρισμού αυτού περιγράφεται στο κεφάλαιο 5 τμήμα 5.1. Οι κλάδοι της έκδοσης αυτής παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5-20: Κλάδοι παραγωγής του υποδείγματος GEM-E3-EU-GEN

No	Κλάδος	No	Τεχνολογία
1	Γεωργία	19	COA Coal
2	Άνθρακας	20	CCO Clean Coal
3	Πετρέλαιο	21	ICO Integrated
4	Φυσικό αέριο	22	GS1 Gas
5	Διανομή και μετάδοση ηλεκτρισμού	23	GS2 Gas turbine
6	Σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα	24	OL1 Oil
7	Χημική βιομηχανία	25	NK1 Nuclear (2nd)
8	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	26	NK2 Nuclear (4th)
9	Ηλεκτρικά αγαθά	27	BGT Biomass
10	Εξοπλισμός μεταφορών	28	HD1 Hydro
11	Λοιπά εξοπλιστικά αγαθά	29	WID Wind
12	Καταναλωτικά αγαθά	30	SPP Solar thermal
13	Κατασκευές	31	DPV Building
14	Τηλεπικοινωνίες		
15	Μεταφορές		
16	Χρηματοπιστωτικές και ασφαλιστικές		
17	Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες		
18	Μη αγοραίες υπηρεσίες		

Η έκδοση αυτή του υποδείγματος περιλαμβάνει επιπλέον της βασικής έκδοσης μηχανισμό επιλογής μεταξύ τέλειας αγοράς εργασίας και αγοράς εργασίας με ηθελημένη ανεργία.

### 3. Παγκόσμια έκδοση GEM-E3-World.

Η παγκόσμια έκδοση του υποδείγματος βασίζεται στην βάση δεδομένων GTAP v6. Περιλαμβάνει όλες τις χώρες του κόσμου αθροισμένες σε 21 χώρες/περιοχές και 20 κλάδους (Πίνακας 5 21).

Πίνακας 5-21: Κλάδοι παραγωγής και χώρες του παγκοσμίου υποδείγματος GEM-E3

No	Κλάδος	No	Όνομα	Χώρα ή Περιοχή
1	Γεωργία	1	AUZ	Αυστραλία & Νέα Ζηλανδία
2	Άνθρακας	2	JAP	Ιαπωνία
3	Πετρέλαιο - Διυλιστήρια	3	CHI	Κίνα
4	Φυσικό αέριο	4	IND	Ινδία
5	Ηλεκτρισμός	5	RAS	Νότιος Ασία
6	Σιδηρούχα και μη σιδηρούχα	6	EAS	Ανατολική Ασία
7	Χημική βιομηχανία	7	USA	ΗΠΑ
8	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	8	CAN	Καναδάς
9	Ηλεκτρονικός εξοπλισμός	9	LAO	Μεξικό - Βραζιλία
10	Εξοπλισμός μεταφορών.	10	LAM	Λατινική Αμερική
11	Λοιπός εξοπλισμός.	11	GEU	Γερμανία
12	Λοιπά βιομηχανικά προϊόντα	12	BEU	ΗΒ
13	Κατασκευές	13	REU	Υπόλοιπη ΕΕ
14	Τρόφιμα	14	NEU	Βόρειος Ευρώπη
15	Εμπόριο και μεταφορές	15	OEU	Υπόλοιπη Ευρώπη
16	Υφαντουργία	16	CEA	Κεντρικοί συνεργάτες
17	Υπηρεσίες	17	FSU	Πρώην σοβιετική ένωση
18	Μη αγοραίες υπηρεσίες	18	MED	Μεσογειακές χώρες
19	Αργό πετρέλαιο Παραγωγή	19	MEA	Μέση ανατολή
20	Φυσικό αέριο Παραγωγή	20	AFR	Αφρική
		21	ROW	Υπόλοιπος κόσμος

Τα βασικά χαρακτηριστικά του GEM-E3-World επιπλέον της έκδοσης GEM-E3-EU-GEN συνοψίζονται ως εξής:

- Ενσωμάτωση μηχανισμού εξαντλήσιμων πόρων.
- Γραφή των συναρτήσεων παραγωγής CES σε μορφή μεριδίων (**value share CES**).
- Διαχωρισμός των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής σε **i)** ειδικευμένη και ανειδίκευτη εργασία, **ii)** κεφάλαιο και **iii)** φυσικοί πόροι.
- Ατελής ανταγωνισμός στις αγορές προϊόντος.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5

1. Abowd J.M., P. Corbel, F. Kramarz (1999): "The Entry and Exit of Workers and the Growth of Employment: An Analysis of French Establishments," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, No. 2 (May, 1999), pp. 170-187
2. Abowd, J.M., Kramarz, F., Lengermann, P., Perez-Duarte, S., (2004): "Are good workers employed by good firms? A simple test of positive assortative matching models," *Econometric Society North American Winter Meetings*, vol. 385. Econometric Society.
3. Balistreri, E.J. (2002): "Operationalizing equilibrium unemployment: A general equilibrium external economies approach," *Journal of Economic Dynamics & Control* 26 347 37
4. Barros, R.P., C.H. Corseuil and S. Cury (2001a): "Salário mínimo e pobreza no Brasil: Estimativas que consideram efeitos de equilíbrio geral," *Texto para Discussão 779*, IPEA, Rio de Janeiro.
5. Bates, J. (2001): "Economic evaluation of emission reductions of nitrous oxides and methane in agriculture in the EU, Bottom-up analysis," *Economic evaluation of sectoral emission reduction objectives for climate change*. AEA Technology Environment, Culham, 84 pp.
6. Bates, J., (1998a): "Options to reduce methane emissions. Emission inventories of greenhouse gases and ozone precursors," *Report Nr. AEAT-3773-3*, AEA Technology Environment plc, Culham, 178 pp.
7. Bergman, L., (2005): "CGE Modeling of Environmental Policy and Resource Management", in K. G. Mäler and J. R. Vincent (eds), *Handbook of Environmental Economics*, North-Holland, Amsterdam, chapter 24, pp. 1273 1306.
8. Blanchflower, D.G and A.J. Oswald (1990): "The Wage Curve," *NBER Working Paper No. W3181*. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=467632>
9. Blanchflower, D.G. and A.J. Oswald (1994), "The wage curve," *MIT Press*, Cambridge, MA
10. Blundell, R. and T.E. MaCurdy (1999): "Labor Supply: a Review of Alternative Approaches" in Ashenfelter, Orley C. and David Card, eds., *Handbook of Labor Economics*, North-Holland, Vol. 3A, Chapter 27, Section 4.
11. Böhringer, C. and T. Rutherford (2006): "Combining Top-Down and Bottom-up in Energy Policy Analysis: A Decomposition Approach," *ZEW Discussion Paper No. 06-007*.
12. Böhringer, C., (1998): "The Synthesis of Bottom-Up and Top-Down in Energy Policy Modeling," *Energy Economics*.
13. Brown, C., Gilroy, C., and Kohen, H. (1982): "The Effect of the Minimum Wage on Employment and Unemployment," *Journal of Economic Literature*, Vol. 20, pp 487-528
14. Capros P., T. Georgakopoulos, S. Zografakis, D. Van Regemorter, S. Proost (1997): "Coordinated versus uncoordinated European carbon tax solutions analysed with

- GEM-E3 linking the EU-12 countries,” in S. Proost (editor) “Economic Aspects of Environmental Policy”, published in Edward Elgar Publishers.
15. Cottle R. W., J-S. Pang and R. E. Stone (1992): The linear complementarity problem. Academic Press, Boston.
  16. De Jager, D., C.A. Hendriks, C. Byers, M. Van Brummelen, C. Petersdorf, A.H.M. Struiker, K. Blok, J. Oonk, S. Gerbens and G. Zeeman (2001) Emission reduction of non-CO2 greenhouse gases. Report Nr. 410 200 094. Ecofys / TNO-MEP / Wageningen University Research Centre, Utrecht, 152 pp.
  17. De Jager, D., C.A. Hendriks, H.A.M. Heijnes and K. Blok (1999): “Emissions reduction potential for non-CO2 greenhouse gases in the EU-15,” In: Greenhouse Gas Control Technologies. P. Reimer, B. Eliasson and A. Wokaun. Utrecht, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, pp. 58.
  18. de Menil, G. (1971): “Bargaining: monopoly power versus union power,” Cambridge, MA 02142. MIT Press (5 Cambridge Center), 134 pp. op
  19. Devarajan, S. (1988): "Natural resources and taxation in computable general equilibrium models of developing countries," *Journal of Policy Modeling*, 10 4, pp. 505-28.
  20. Dixit, A.K. and J.E. Stiglitz (1977): “Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity,” *American Economic Review* 67, 297-308.
  21. ECOFYS-NTUA (2001): “Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change”, Report to DG environment
  22. Environmental Protection Agency, “Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions from Developed Countries: 1990-2010”, September 2004
  23. Gerbens, S. and G. Zeeman (2000): “Cost-effective emission control technologies of the greenhouse gases methane and nitrous oxide from wastewater,” Wageningen University Research Centre, Department of Agricultural, Environmental and Systems Technology, Wageningen, 159 pp.
  24. Greenhouse Gas Emission Control Strategies (GECS Project), Research Project N° EVK2-CT-1999-00010
  25. Harnisch, J. and C. Hendriks (2000): “Economic evaluation of emission reductions of HFCs, PFCs and SF6 in Europe,” Contribution to the study economic evaluation of sectoral emission reduction objectives for climate change. Report Nr. M728, Ecofys., Cologne, 70pp.
  26. Hendriks, C.A., D. de Jager and K. Blok (1998): “Emission reduction potential and costs for methane and nitrous oxide in the EU-15,” Report Nr. M714, Ecofys., Utrecht, 58 pp.
  27. Holland D., E.B. Figueroa, R. Alvarez and J. Gilbert (2002): "Imperfect Labor Mobility, Urban Unemployment and Agricultural Trade Reform in Chile," Seminar on General Equilibrium Models for the Chilean Economy., organized by the Central Bank of Chile; Santiago, April 4 and 5
  28. Hudson, E. A. and D.W. Jorgenson (1974): “US energy policy and economic growth, 1975-2000," *The Bell Journal of Economics and Management Science*.

29. IEA (1999): "Electric power technology. Opportunities and Challenges of Competition," OECD, Paris
30. IPCC (2001): "Climate change 2001: the scientific basis," Intergovernmental Panel on Climate Change, [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm).
31. Kaufman, B.E. (1989): "Models of Man in Industrial Relations Research," *Industrial and Labor Relations Review* 43: 72-88
32. Koopmans, T. C., (1951): "Activity Analysis of Production and Allocation," New York, Wiley
33. MacFarland, J. R., J. M. Reilly, and H. J. Herzog (2004): "Representing Energy Technologies in Top-Down Economic Models Using Bottom-Up Information," *Energy Economics* 26, 685-707
34. Manne, A. S., (1976): "ETA: A Model for Energy Technology Assessment," *Bell Journal of Economics*, also appears as ch. 12c in M. D. Intrilligator (ed.), *Frontiers of Quantitative Economics*, vol. IIIB, 1977, North-Holland, Amsterdam.
35. Mortensen, D.T. and C.A. Pissarides (1999): "Job reallocation, employment fluctuations and unemployment," *Handbook of Macroeconomics*, in: J. B. Taylor & M. Woodford (ed.), *Handbook of Macroeconomics*, edition 1, volume 1, chapter 18, pages 1171-1228
36. Mortensen, D.T. and C.A. Pissarides (1999): "New developments in models of search in the labor market," *Handbook of Labor Economics*, in: O. Ashenfelter & D. Card (ed.), *Handbook of Labor Economics*, edition 1, volume 3, chapter 39, pages 2567-2627
37. Nehru, V., A. Dhareshwar and DEC (1994): "New estimates of total factor productivity growth for developing and industrial countries," Policy Research Working Paper Series 1313, The World Bank.
38. Phillips, A.W. (1958): "The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wages in the UK, 1861-1957," *Economica*
39. Pompermaier A. (2003): "Intersectoral labour allocation, wage-employment bargaining and monopolistic competition", CDAM Research Report LSE-CDAM-2003-11- June
40. Rutherford, T. F., (1995): "Extensions of GAMS for complementarity problems arising in applied economic analysis," *Journal of Economic Dynamics and Control* 19, pp. 1299-324.
41. Seltzer, A. (1997): "The Effects of the Fair Labor Standards Act of 1938 on the Southern Seamless Hosiery and Lumber Industries," *Journal of Economic History* 57:396-415.
42. Shapiro, C., and J. E. Stiglitz (1984): "Equilibrium Unemployment as Worker Discipline Device," *American Economic Review* 74, no. 3

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## 6 Ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων της πολιτικής για το κλίμα

### 6.1 Η σημασία του αντικειμένου

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου προϋποθέτει την επίτευξη συμφωνίας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε διεθνές επίπεδο. Αυτό προκύπτει τόσο από την φύση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής (δημόσιο αγαθό) όσο και από το μέγεθος των μειώσεων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που απαιτούνται προκειμένου να επιτευχθεί η σταθεροποίηση τους σε ασφαλή επίπεδα. Λόγω των σημαντικών διαφορών μεταξύ των χωρών όσο αφορά τον πληθυσμό, το ΑΕΠ, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τις διαφορετικές δυνατότητες μείωσης των εκπομπών και τις διαφορετικές οικονομικές και περιβαλλοντικές προτεραιότητες που έχει θέσει η κάθε χώρα η σύγκλιση σε ένα κοινό σχέδιο δράσης καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη. Τα στοιχεία της οικονομικής αποτελεσματικότητας<sup>61</sup> και της ισότητας<sup>62</sup> πρέπει να αποτελέσουν τα δομικά στοιχεία σχεδιασμού ενός διεθνούς σχεδίου μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου εξασφαλιστεί η υλοποίηση του. Η επιλογή του κριτηρίου της ισότητας δεν είναι αυτονόητη και ενδέχεται να έχει σημαντικές συνέπειες για την κατανομή του κόστους μεταξύ των χωρών που θα συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος το οποίο θα εξασφαλίζει την επαρκή συμμετοχή και την αποτελεσματική μείωση των αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί το επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος στο πεδίο των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής. Το πρόβλημα προσδιορισμού ενός τέτοιου συστήματος είναι ο διαχωρισμός των συμφερόντων και υποχρεώσεων μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων οικονομιών. Ένας από τους

---

<sup>61</sup> Οι διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων μεταξύ ανταγωνιστικών παραγόντων δεν έχουν καμία επίπτωση στην αποτελεσματικότητα μόνο στην περίπτωση που δεν υπάρχουν κόστη συναλλαγής (Coase, 1960).

<sup>62</sup> Ο όρος ισότητα χρησιμοποιείται όπως στους Elzen et. al (2003).

λόγους που το πρωτόκολλο του Κιότο δεν τέθηκε σε ισχύ αφορά στον κεντρικό σχεδιασμό του, σύμφωνα με τον οποίο το μεγαλύτερο μερίδιο της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αντιστοιχούσε στις αναπτυγμένες χώρες. Η μη επικύρωση του πρωτοκόλλου από έναν αριθμό χωρών και κυρίως από τις Η.Π.Α. κατέστησε σαφές ότι ο επιτυχής σχεδιασμός ενός συστήματος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να ενσωματώνει μια πληθώρα στοιχείων που αφορούν στις κοινωνικοοικονομικές ιδιαιτερότητες κάθε χώρας.

### 6.1.1 Η αρχή της ισότητας και η αποτελεσματικότητα στην κατανομή δικαιωμάτων

Η οικονομική αποδοτικότητα των στόχων μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι ανεξάρτητη από το πως κατανέμεται μεταξύ των χωρών το συνολικό κόστος ή του κριτηρίου ισότητας που έχει επιλεγθεί (Banuri et al., 1996). Τα εμπειρικά αποτελέσματα από μικρό αριθμό υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας επιβεβαιώνουν τη θεωρητική αυτή τεκμηρίωση. Για το θέμα αυτό οι Manne και Richels (1995) σημειώνουν ότι: *‘οι κανόνες κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπών συνεπάγονται μεταφορά εισοδήματος από τη μία χώρα στην άλλη, τα αποτελέσματα όμως της γενικής ισορροπίας δείχνουν ότι οι μεταβιβάσεις αυτές είναι πολύ μικρές για να επηρεάσουν τα συνολικά επίπεδα εκπομπών. Υπό αυτή την έννοια τα αποτελέσματα των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας είναι συμβατά με το θεώρημα του Coase (τα αποτελέσματα από τη μεταβίβαση εισοδήματος είναι πολύ μικρά για να επηρεάσουν την άριστη κατά Pareto προσφορά του δημόσιου αγαθού - στην προκειμένη περίπτωση τη μέση θερμοκρασία).*

Η επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπών σε ένα διεθνές σύστημα εμπορίας εκπομπών αφορά κυρίως στην έννοια της ισότητας του καταμερισμού της προσπάθειας. Υπάρχει πληθώρα προσεγγίσεων στην έννοια της ισότητας, εδώ θα παραθέσουμε συνοπτικά αυτές που αναφέρονται στον Sen (2000), και αφορούν το σχεδιασμό των σεναρίων που μελετήθηκαν. Αυτές είναι οι εξής: i) *Utilitarianism – Welfarist*: οι ατομικές χρησιμότητες αποτελούν τον κύριο άξονα της προσέγγισης αυτής. Οι χρησιμότητες προστίθενται έτσι ώστε να εξαχθεί η συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας η οποία αποτελεί και τον δείκτη αξιολόγησης, ii) *Libertarian theories of justice*, όπου δίνεται προτεραιότητα στις ελευθερίες και τα δικαιώματα των ατόμων και iii) *Rawlsian theory of*



justice που προβλέπει ίσες ελευθερίες για όλους και ίση κατοχή βασικών αγαθών με επίκεντρο τη βελτίωση της θέσης του ασθενέστερου. Σύμφωνα με τους Rose και Stevens (1998) οι θεωρίες αυτές συμβάλουν στη διαμόρφωση του καταμερισμού της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών είτε μέσω της χρήσης τους στον προσδιορισμό των κανόνων καταμερισμού δικαιωμάτων εκπομπών ('allocation-based') είτε μέσω των παραδοσιακών οικονομικών της ευημερίας ('outcome-based').

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξιολόγηση διαφορετικών αρχών προσδιορισμού των κανόνων καταμερισμού δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο πλαίσιο μιας παγκόσμιας προσπάθειας αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η σημασία της μελέτης των διαφορετικών κανόνων επιμερισμού έγκειται στις επιπτώσεις που έχουν οι κανόνες αυτοί στον δίκαιο καταμερισμό της προσπάθειας. Η ανάλυση είναι ποσοτική και στηρίζεται στα αποτελέσματα της παγκόσμιας έκδοσης του υποδείγματος γενικής ισορροπίας GEM-E3. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις μεταβολές που οι διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών επιφέρουν στην ανταγωνιστικότητα, την ευημερία και την οικονομική ανάπτυξη της κάθε χώρας. Οι μεταβολές αυτές (όπως προκύπτουν σε σχέση με το σενάριο αναφοράς) αφορούν στα οφέλη και τις ζημίες των οικονομικών παραγόντων και σηματοδοτούν το συνολικό κόστος επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων.

Η βιβλιογραφία που αφορά στην αποτίμηση διαφορετικών κανόνων κατανομής επικεντρώνεται είτε σε υποδείγματα μερικής ισορροπίας (Elzen 2006, Persson 2005) τα οποία αδυνατούν να αποτυπώσουν το πλήρες κόστος προσαρμογής είτε σε υποδείγματα γενικής ισορροπίας μικρών διαστάσεων από άποψη γεωγραφικής και κλαδικής κάλυψης (Bohringer, 2005).

Η ανάλυση με το υπόδειγμα GEM-E3-World εστιάζει στις οικονομικές επιπτώσεις που έχουν διαφορετικοί τρόποι κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η τελευταία έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής ενσωματώνει όλα τα αέρια του θερμοκηπίου (που προκύπτουν τόσο από ενεργειακές όσο και από μη ενεργειακές δραστηριότητες) και τις αντίστοιχες καμπύλες μείωσης οριακού κόστους (Marginal Abatement Cost Curves). Στο πλαίσιο της παρούσας

μελέτης παρουσιάζεται μια εναλλακτική προσέγγιση προσδιορισμού της κατανομής δικαιωμάτων εκπομπών (ενδογενής προσδιορισμός των κατανομών δικαιωμάτων εκπομπών). Η ανάλυση είναι δυναμική, καλύπτει την περίοδο που εκτείνεται από το 2005 έως το 2030 με ένα βήμα πέντε ετών και αφορά όλο τον κόσμο.

Η μελέτη ξεκίνησε με την ανάπτυξη του σεναρίου αναφοράς σε σχέση με το οποίο συγκρίνονται τα αποτελέσματα όλων των σεναρίων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η διαμόρφωση του σεναρίου αναφοράς προκύπτει από τη χρήση κατάλληλων υποθέσεων σχετικά με την τεχνική πρόοδο, την εξέλιξη του πληθυσμού και τις εθελοντικές ενέργειες μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Τα σενάρια κλιματικής αλλαγής που μελετήθηκαν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε: i) σενάρια ομαλής προσγείωσης (*soft-landing*), όπου οι στόχοι μείωσης των εκπομπών γίνονται προοδευτικά όλο και πιο αυστηροί. Οι στόχοι μείωσης δεν είναι ίδιοι για κάθε περιοχή αλλά διαφοροποιούνται ανάλογα με τις εκπομπές και το εισόδημα ανά κάτοικο. Συγκεκριμένα οι λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές και οι χώρες με χαμηλές εκπομπές ανά κάτοικο διανύουν μια μεγαλύτερη περίοδο μέσα στην οποία θα πρέπει να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές τους και ii) σενάρια σύγκλισης ανά κάτοικο (*per capita convergence*) των οποίων οι κατανομές των δικαιωμάτων γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι εκπομπές ανά κάτοικο να συγκλίνουν σε μία προκαθορισμένη χρονική στιγμή στο μέλλον.

Το μοντέλο επιλύεται ανά πενταετία και οι στόχοι μείωσης των εκπομπών αφορούν κάθε περίοδο από το 2010 έως και το 2030. Για την πρώτη περίοδο (2010) οι στόχοι μείωσης είναι αυτοί που έχουν οριστεί από το πρωτόκολλο του Κιότο ενώ για τα υπόλοιπα χρόνια οι στόχοι διαφοροποιούνται ανάλογα με το σενάριο. Στην παρούσα μελέτη ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στις επιπτώσεις των διαφορετικών σεναρίων κλιματικής αλλαγής στην κατανομή του εισοδήματος, στην απασχόληση, στην ευημερία και στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών.

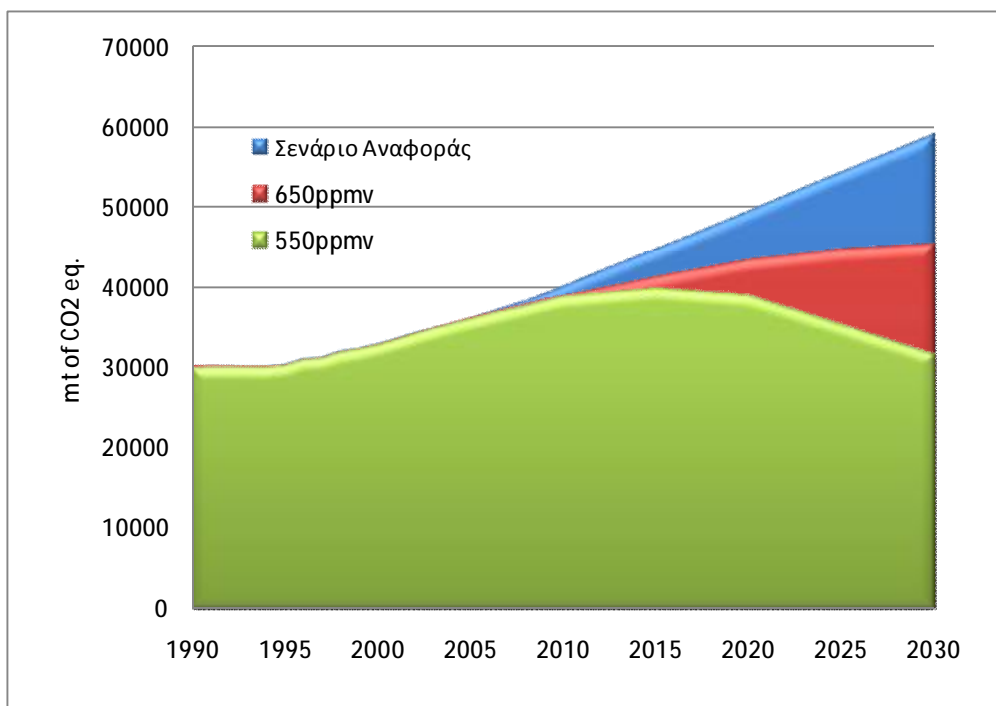
Ο σχεδιασμός του υποδείγματος επιτρέπει τη μελέτη των αναδιανεμητικών επιπτώσεων τόσο μεταξύ χωρών όσο και μεταξύ οικονομικών παραγόντων. Η πρώτη περίπτωση αφορά στις επιπτώσεις που οι αλλαγές στην κατανομή του κεφαλαίου και της δομής του εμπορίου έχουν στα δημόσια οικονομικά και το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών των διαφορετικών

χωρών. Η δεύτερη περίπτωση αφορά στην ανάλυση της αναδιανομής εισοδήματος και δραστηριότητας που συμβαίνει στο εσωτερικό της κάθε χώρας.

### 6.1.2 Ορισμός των σεναρίων

Η ανάλυση που παρουσιάζεται στο τμήμα αυτό έχει ως στόχο την συστηματική αξιολόγηση δύο βασικών κανόνων κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μεταξύ χωρών. Οι κατανομές αυτές αφορούν στην μετά-Κιότο περίοδο και προσδιορίζουν συνολικά επίπεδα συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου της τάξης των 650 ppmv και 550 ppmv. Ο συνολικός στόχος μείωσης των εκπομπών καθώς και τα επίπεδα των εκπομπών στο σενάριο αναφοράς απεικονίζονται στο Σχήμα 6-1 .

Σχήμα 6-1: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο ανά σεναριο.



Οι Den Elzen et al (2003) ανέπτυξαν μια τυπολογία τεσσάρων βασικών αρχών στις οποίες πρέπει να στηρίζονται οι κανόνες καταμερισμού εκπομπών. Οι αρχές αυτές είναι: i) Ισότητα (Egalitarian): ίσα δικαιώματα στην χρήση της ατμόσφαιρας ii) Εθνική κυριαρχία (Sovereignty): το επίπεδο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κάθε χώρας αποτελούν το status-quo δικαίωμα της σχετικά με τις εκπομπές iii) Υπευθυνότητα (Responsibility): όσο μεγαλύτερη είναι η συνεισφορά στο πρόβλημα τόσο μεγαλύτερο είναι το μερίδιο ευθύνης iv) Ικανότητα (Capability): όσο μεγαλύτερος είναι ο πλούτος μίας χώρας τόσο μεγαλύτερο

πρέπει να είναι το μερίδιο της στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι κανόνες επιμερισμού των δικαιωμάτων εκπομπών που μελετήθηκαν είναι:

- **Soft Landing -Multi-Stage**<sup>63</sup>: Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό οι χώρες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ομοιότητα που παρουσιάζουν στις ανά κάτοικο εκπομπές και στο κατά κεφαλήν εισόδημα. Έπειτα ανάλογα με τις υποθέσεις για το χρονικό διάστημα σύγκλισης των δεικτών αυτών γίνεται σταδιακή αύξηση των χωρών που συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης. Ο κανόνας αυτός συνδυάζει τις αρχές της υπευθυνότητας, της ικανότητας και της ισότητας.
- **Contraction & Convergence**<sup>64</sup>: Ο κανόνας αυτός προϋποθέτει συμμετοχή όλων των χωρών στην προσπάθεια μείωσης εκπομπών (**contract**) και τα δικαιώματα κατανέμονται σύμφωνα με την σύγκλιση των εκπομπών ανά κάτοικο (**convergence**) σε μια δεδομένη χρονική στιγμή στο μέλλον (πχ **2050,2100**). Ο κανόνας αυτός στηρίζεται κυρίως στα κριτήρια ισότητας και κυριαρχίας.

Για την κατηγορία σεναρίων **Contraction & Convergence**, επιλέχθηκαν δυο διαφορετικοί ορίζοντες σύγκλισης το 2050 και το 2100 (PCC50, PCC100). Η επιλογή δύο διαφορετικών σημείων σύγκλισης έγινε προκειμένου να διαφοροποιηθούν οι στόχοι μείωσης που αφορούν κυρίως στις ANNEX-I χώρες (ομαλή προσαρμογή στην περίπτωση σύγκλισης το 2100 και απότομη προσαρμογή στην περίπτωση σύγκλισης το 2050).

Όσον αφορά στα σενάρια **Soft Landing - Multi-Stage** μελετήθηκαν τρεις εναλλακτικές περιπτώσεις (SMS1, SMS2, SMS3). Και οι τρεις βασίζονται στον ίδιο ορισμό για τα διάφορα στάδια μετάβασης των χωρών που δεν ανήκουν στο ANNEX-I (στο πρώτο στάδιο δεν υπάρχει δέσμευση, στο δεύτερο στάδιο υπάρχει δέσμευση που ορίζεται βάση του **carbon intensity** και στο τρίτο στάδιο υπάρχουν απόλυτες μειώσεις εκπομπών).

Το ανώτατο όριο μετάβασης από το στάδιο 1 στο στάδιο 2 υπολογίστηκε σύμφωνα με ένα "**Capacity-Responsibility**" δείκτη ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του κατά κεφαλήν εισοδήματος προς τις κατά κεφαλήν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τα τρία σενάρια

---

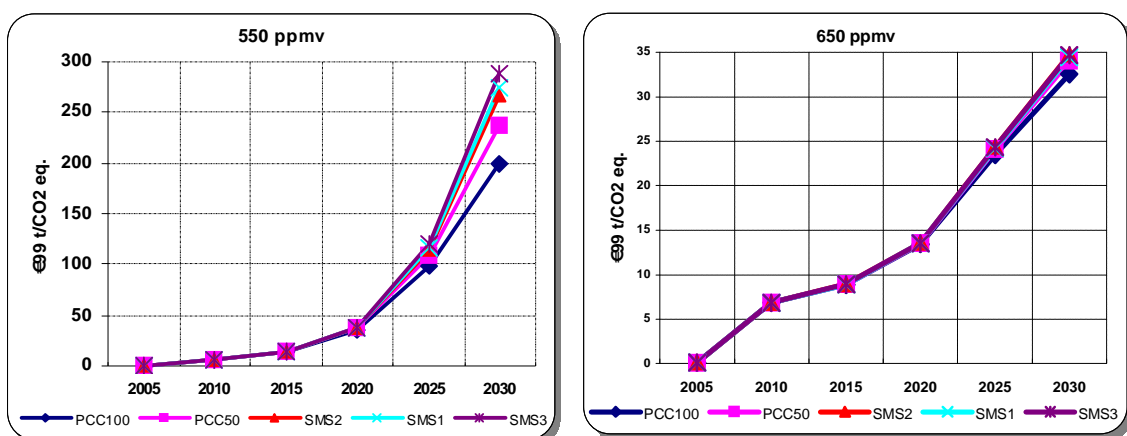
<sup>63</sup> Kouvaritakis N., Criqui P. (2001), Berk and den Elzen, 2001.

<sup>64</sup> Meyer, 2000

SMS1, SMS2, SMS3 διαφέρουν στον ορισμό του ορίου μετάβασης από το στάδιο 2 στο στάδιο 3: Στο SMS1 και SMS2 η μετάβαση από το δεύτερο στάδιο στο τρίτο βασίζεται στο μέσο όρο, σε παγκόσμιο επίπεδο, των κατά κεφαλήν εκπομπών. Στο SMS3 η μετάβαση βασίζεται σε μια διαφοροποίηση της περιόδου στην οποία κάθε χώρα σταθεροποιεί τις εκπομπές της. Ένα γενικό συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τις πέντε διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών είναι ότι τα δικαιώματα που αντιστοιχούν στις χώρες του ANNEX-I είναι παρόμοια και στις πέντε περιπτώσεις (περίπου 40-60% και 15-40% χαμηλότερα από το σενάριο αναφοράς για τα επίπεδα 550 ppmv και 650 ppmv). Το μόνο σενάριο που διαφοροποιείται σημαντικά είναι το CC100 στο οποίο τα δικαιώματα που λαμβάνουν οι χώρες που ανήκουν στο ANNEX-I είναι σημαντικά υψηλότερα. Όσον αφορά στις κατανομές των δικαιωμάτων των χωρών που δεν ανήκουν στο ANNEX-I αυτές διαφοροποιούνται σημαντικά από σενάριο σε σενάριο ανάλογα με τα διαφορετικά όρια μετάβασης που έχουν τεθεί. Ένα γενικό συμπέρασμα είναι ότι το SMS3 σενάριο πριμοδοτεί με υψηλότερα δικαιώματα τις πιο αναπτυγμένες χώρες του non-ANNEX-I ενώ οι λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές ευνοούνται περισσότερο από το SMS2 σενάριο.

6.1.3 Η εξέλιξη της τιμής του δικαιώματος εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου Από τον περιορισμό των εκπομπών προκύπτει μια δυική τιμή (η τιμή του δικαιώματος εκπομπής) που αυξάνει το κόστος των δραστηριοτήτων που ευθύνονται για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Σχήμα 6-2: Εξέλιξη τιμής δικαιώματος (550 / 650 ppmv)



Πηγή:GEM-E3.

Η εσωτερίκευση αυτού του επιπρόσθετου κόστους στην δομή της παραγωγής και στις επιλογές των οικονομικών παραγόντων βασίζεται στην βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς τους. Οι τιμές και ποσότητες ισορροπίας, ενσωματώνουν τόσο τις πρωτογενείς όσο και τις δευτερογενείς επιδράσεις της κλιματικής πολιτικής και προκύπτουν από την ενδογενή κατανομή ελαχίστου κόστους της προσπάθειας μείωσης.

Από όλα τα σενάρια σταθεροποίησης των εκπομπών στα 660-ppmv προέκυψε περίπου η ίδια εξέλιξη της τιμής του δικαιώματος εκπομπών. Το 2010 (περίοδος εφαρμογής του πρωτόκολου του Κιότο) η τιμή του δικαιώματος φτάνει στα 6.9 €/t/CO<sub>2</sub> eq. Η επέκταση της αγοράς με συμμετοχή όλων των περιοχών στο εμπόριο εκπομπών σημαίνει αντίστοιχη επέκταση των ευκαιριών για εύρεση αποδοτικότερων τρόπων μείωσης με αποτέλεσμα ο ρυθμός αύξησης της τιμής του δικαιώματος σε αυτήν την περίοδο να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Από το 2020 και έπειτα η εξάλειψη των φθηνών επιλογών μείωσης σε συνδυασμό με τους πιο αυστηρούς περιορισμούς εκπομπών αερίων έχει ως αποτέλεσμα η προσφορά δικαιωμάτων να μειωθεί και να αυξηθεί η ζήτηση τους, οδηγώντας έτσι σε αύξηση της τιμής του δικαιώματος. Το μέγιστο της τιμής του δικαιώματος επιτυγχάνεται το 2030. Η τιμή του δικαιώματος εκπομπών είναι περίπου η ίδια σε όλα τα σενάρια εκτός από την περίπτωση του PC100 όπου παρατηρείται η χαμηλότερη τιμή (32.5 €/t/CO<sub>2</sub> eq.). Η εξήγηση αυτού του αποτελέσματος δεν είναι προφανής δεδομένου ότι όλα τα σενάρια είχαν τους ίδιους περιορισμούς εκπομπών ανά περίοδο. Στην πραγματικότητα οι διαφορετικές τιμές δικαιωμάτων συνεπάγονται διαφορετικά κόστη προσαρμογής, αποτυπώνοντας έτσι τις επιπτώσεις των διαφορετικών κανόνων κατανομής των δικαιωμάτων στα επίπεδα δραστηριότητας. Στην πραγματικότητα οι κατανομές δικαιωμάτων συμφωνά με την αρχή των contraction and convergence σεναρίων επιφέρουν τέτοια αναδιανομή του εισοδήματος έτσι ώστε η καμπύλη μείωσης οριακού κόστους να μετατοπίζεται προς τα αριστερά. Με άλλα λόγια η αναδιανεμητική επίπτωση των PCC100 κατανομών προκαλεί τέτοιες αλλαγές στην ζήτηση αγαθών, υπηρεσιών, ενδιάμεσων εισροών και πρωτογενών συντελεστών παραγωγής όπου η προσφορά μπορεί και προσαρμόζεται αποδοτικότερα από ότι στα υπόλοιπα σενάρια. Επομένως όσο πιο αυστηρός είναι ο περιβαλλοντικός περιορισμός τόσο μεγαλύτερη σημασία έχει η αρχική κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπών. Τα αποτελέσματα των 550-ppmv σεναρίων υποστηρίζουν το παραπάνω επιχείρημα, από το

2020 και έπειτα όλα τα σενάρια παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στις τιμές των δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (από 199 €<sub>9</sub> t/CO<sub>2</sub> eq. στο PCC100 σενάριο έως 289 €<sub>9</sub> t/CO<sub>2</sub> eq. στο SMS3 σενάριο το 2030 (Σχήμα 6-2/Σχήμα 6-2).

#### 6.1.4 Προσαρμογή της παγκόσμιας δραστηριότητας

Οι μηχανισμοί μείωσης των εκπομπών στο υπόδειγμα GEM-E3 είναι τρεις: i) μείωση της παραγωγής/κατανάλωσης, ii) υποκατάσταση μεταξύ καυσίμων και iii) επένδυση σε τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών. Οι επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες αφορούν κυρίως ενδιάμεσες εισροές της επιχείρησης και δεν εκλαμβάνονται εξ ολόκληρου ως επένδυση, επομένως δεν έχουν άμεσο αντίκτυπο στο ΑΕΠ. Κάθε πολιτική μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συνεπάγεται κόστος για την οικονομία το οποίο αποτυπώνεται στη μείωση του ΑΕΠ. Η μείωση της δραστηριότητας που παρατηρήθηκε σε όλα τα σενάρια παρέχει σαφή σύνοψη της συνολικής προσπάθειας μείωσης αφού αποτελεί το απόσταγμα όλων των προσαρμογών που λαμβάνουν χώρα στην παγκόσμια οικονομία.

**Πίνακας 6-1: Παγκόσμιο ΑΕΠ και παραγωγή (2030 - % μεταβολές από το σενάριο αναφοράς)**

	550 ppmv					650 ppmv				
	SMS1	SMS2	SMS3	PCC50	PCC100	SMS1	SMS2	SMS3	PCC50	PCC100
<b>Α.Ε.Π.</b>	-5,21	-5,47	-4,81	-5,96	-6,17	-1,44	-1,36	-1,36	-1,81	-1,75
Γεωργία	-2,72	-4,12	-0,82	-7,11	-11,35	-0,69	-0,43	-0,27	-1,51	-2,92
Άνθρακας	-64,17	-64,35	-62,45	-64,08	-63,20	-39,86	-39,97	-39,86	-39,97	-39,53
Πετρέλαιο	-41,08	-40,90	-41,37	-39,94	-38,85	-14,57	-14,57	-14,59	-14,49	-14,15
Φ. Αέριο	-13,42	-13,39	-13,51	-12,41	-11,41	-3,05	-3,03	-3,05	-3,14	-2,95
Ηλεκτρισμός	-30,45	-30,31	-30,52	-29,53	-28,54	-11,10	-11,12	-11,10	-11,18	-10,89
Μέταλλα	-23,02	-22,67	-23,00	-21,26	-19,30	-6,90	-7,08	-7,11	-6,52	-6,17
Χημικά προϊόντα	-19,86	-19,90	-19,37	-19,29	-18,56	-5,53	-5,55	-5,48	-5,62	-5,60
Λοιπές ενεργοθόρες βιομ.	-10,86	-10,96	-10,66	-11,39	-11,03	-3,41	-3,59	-3,51	-3,48	-3,37
Ηλεκτρονικός εξοπλισμός	-6,83	-6,90	-6,06	-6,09	-4,83	-1,41	-1,47	-1,49	-1,24	-0,94
Εξοπλισμός μεταφορών	-6,46	-6,20	-7,19	-6,00	-5,03	-1,24	-1,25	-1,35	-1,42	-1,09
Λοιπός εξοπλισμός	-12,18	-12,20	-11,88	-11,60	-10,49	-3,85	-3,99	-4,00	-3,61	-3,28
Λοιπή μεταποίηση	-11,69	-11,61	-11,52	-10,65	-9,56	-2,98	-3,05	-3,09	-2,76	-2,45
Κατασκευές	-5,43	-5,50	-5,16	-5,46	-5,34	-1,48	-1,45	-1,46	-1,49	-1,53
Τρόφιμα	-1,97	-3,02	-0,61	-5,39	-7,48	-0,84	-0,52	-0,50	-1,76	-1,87
Εμπόριο και μεταφορές	-5,15	-5,30	-4,74	-5,39	-5,46	-1,21	-1,17	-1,18	-1,33	-1,30
Υφαντουργία	-8,65	-8,57	-7,43	-8,44	-8,22	-1,87	-1,75	-1,75	-2,12	-1,99
Λοιπές αγοραίες υπηρεσίες	-3,82	-3,85	-3,89	-3,82	-3,43	-0,83	-0,75	-0,79	-1,14	-0,92
Μη αγοραίες υπηρεσίες	-2,03	-2,09	-2,12	-2,07	-2,21	-0,32	-0,26	-0,28	-0,46	-0,46

Πηγή:GEM-E3.

Και στις δύο περιπτώσεις (650ppmv - 550ppmv) τα σενάρια σύγκλισης ανά κάτοικο παρουσιάζουν το υψηλότερο κόστος επίτευξης των περιβαλλοντικών περιορισμών σε όρους ΑΕΠ, ενώ αντίθετα τα σενάρια SMS παρουσιάζουν προσαρμογές με χαμηλότερο κόστος.

Αυτή η διαφορά έγκειται στον διαφορετικό όγκο εισοδηματικών μεταβιβάσεων που το κάθε σενάριο συνεπάγεται για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ειδικότερα, στο SMS3 σενάριο οι περισσότερες αναπτυσσόμενες περιοχές ευνοούνται τόσο από την κατανομή των δικαιωμάτων όσο και από τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης εκπομπών με χαμηλό κόστος. Οι δύο αυτοί παράγοντες οδηγούν σε μία σημαντική διαθεσιμότητα δικαιωμάτων προς πώληση στις διεθνείς αγορές. Ένα μέρος από το επιπρόσθετο εισόδημα που προκύπτει από την πώληση δικαιωμάτων κατευθύνεται στην κατανάλωση αναπροσαρμόζοντας έτσι την ζήτηση για εισαγόμενα και εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα σε υψηλότερα επίπεδα. Οι αναπτυγμένες χώρες αντιμετωπίζοντας υψηλότερη ζήτηση για τα προϊόντα τους αποζημιώνονται εν μέρει από τις ζημιές που τους επιφέρει ο περιβαλλοντικός περιορισμός. Από την άλλη τα PCC σενάρια συνεπάγονται μια πιο ευνοϊκή κατανομή δικαιωμάτων για τις αναπτυγμένες χώρες οδηγώντας έτσι σε υψηλότερα κόστη προσαρμογής τις χώρες του non-Annex-B. Η ζήτηση εισαγωγών από τις non-Annex-B χώρες μειώνεται οδηγώντας έτσι σε επιδείνωση του εμπορικού ισοζυγίου των Annex B χωρών.

#### 6.1.5 Αλλαγές στα κλαδικά επίπεδα παραγωγής

Η προσαρμογή στον περιβαλλοντικό περιορισμό συνεπάγεται την υποκατάσταση αγαθών η χρήση των οποίων (είτε ενδιάμεση είτε τελική) συνδέεται με υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με αγαθά που έχουν χαμηλότερες ή καθόλου εκπομπές. Αυτό ευνοεί τις επιχειρήσεις με περιορισμένες διακλαδικές συνδέσεις οι οποίες στηρίζουν την παραγωγή τους στους πρωτογενείς συντελεστές παραγωγής. Παράλληλα στην περίπτωση των νοικοκυριών αυξάνεται η κατανάλωση μη ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών. Η υποκατάσταση αυτή όμως δεν μπορεί να είναι τέλεια και δεδομένων των τεχνικών παραγωγικών δυνατοτήτων της επιχείρησης και των προτιμήσεων των καταναλωτών οι οικονομικοί παράγοντες αντιμετωπίζουν υψηλότερες τελικές τιμές.

Όπως ήταν αναμενόμενο οι ενεργειακοί κλάδοι σε παγκόσμιο επίπεδο διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαδικασία προσαρμογής. Στην περίπτωση συγκέντρωσης εκπομπών στα 650-ppmv τα διαφορετικά σενάρια παρουσιάζουν όμοια αποτελέσματα στους ενεργειακούς τομείς. Η παραγωγή άνθρακα μειώνεται σημαντικά λόγω της σημαντικής αύξησης των τιμών του άνθρακα που προκαλείται από την υψηλή τιμή του δικαιώματος. Η ζήτηση για πετρέλαιο επηρεάζεται επίσης σημαντικά ειδικά σε ορισμένες non-Annex B



χώρες όπου το πετρέλαιο χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στην βιομηχανία. Η χρήση ηλεκτρισμού στο βαθμό που αυτός παράγεται από άνθρακα και φυσικό αέριο καταγράφει αύξηση του κόστους παραγωγής του και επομένως μείωση στην ζήτηση του. Ο κλάδος του φυσικού αερίου επηρεάζεται λιγότερο διότι λειτουργεί ως υποκατάστατο για τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. Αυτά τα αποτελέσματα είναι πιο έντονα στα σενάρια της κατηγορίας 550-ppmv λόγω των υψηλότερων τιμών των δικαιωμάτων. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τιμές δικαιωμάτων αυτού του επιπέδου θα προκαλούσαν μεγαλύτερη μείωση έως και παύση της παραγωγής του άνθρακα. Επειδή όμως το υπόδειγμα βασίζεται σε συναρτήσεις σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης δεν επιτρέπει μεγαλύτερη συρρίκνωση του τομέα.

Μετά τους ενεργειακούς τομείς είναι η ενεργοβόρος βιομηχανία που συνεισφέρει σημαντικά στην διαδικασία προσαρμογής. Μεταξύ των τομέων υψηλής ενεργειακής έντασης η βιομηχανία μετάλλων και η χημική βιομηχανία καταγράφουν τις μεγαλύτερες πτώσεις στην παραγωγή τους. Αυτό οφείλεται τόσο στη μεγάλη εξάρτηση της μεταλλουργικής βιομηχανίας από στερεά καύσιμα όσο και στο επιπρόσθετο κόστος που επιβάλλεται στην χημική βιομηχανία λόγω των εκπομπών HFC και N<sub>2</sub>O. Επιπρόσθετα οι βιομηχανίες αυτές καταγράφουν σημαντικές γεωγραφικές μετακινήσεις λόγω του περιβαλλοντικού περιορισμού. Αυτό συμβαίνει με τη μορφή μείωσης του μεριδίου στην παγκόσμια παραγωγή μεγάλων αναπτυσσόμενων χωρών όπως η Κίνα και η Ινδία και αντίστοιχη αύξηση των μεριδίων των αναπτυγμένων χωρών όπως οι ΗΠΑ. Στο σενάριο αναφοράς οι ενεργοβόρες βιομηχανίες συγκεντρώνονταν σε περιοχές όπου το κόστος του άνθρακα και του ηλεκτρισμού ήταν χαμηλό ή οι τιμές ενέργειας ήταν χαμηλές λόγω του φορολογικού καθεστώτος (αυτή είναι η περίπτωση των μεγάλων εξαγωγέων ενέργειας όπως η Μέση Ανατολή και η Ρωσία). Η εισαγωγή όμως μιας κοινής τιμής δικαιώματος εκπομπών φαίνεται ότι ανατρέπει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των χωρών αυτών προς εύνοια των ανεπτυγμένων χωρών οι οποίες έχουν ήδη προσαρμοστεί σε υψηλότερες τιμές ενέργειας και χρησιμοποιούν τα ορυκτά καύσιμα σε μικρότερο βαθμό επιδεικνύοντας έτσι μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις υψηλότερες τιμές καυσίμων.

Οι αλλαγές στον αγροτικό τομέα και στις σχετικές με αυτόν βιομηχανίες (κλάδος τροφίμων και ρουχισμού) παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού οι τομείς αυτοί φαίνεται ότι

εξαρτώνται από την αναδιανομή του εισοδήματος μεταξύ των χωρών. Και στις δύο περιπτώσεις οι μεγαλύτερες μειώσεις στην αγροτική παραγωγή και τις σχετικές βιομηχανίες καταγράφονται από τα *per capita convergence* σενάρια, των οποίων οι κατανομές δικαιωμάτων είναι λιγότερο ευνοϊκές για τις αναπτυσσόμενες περιοχές. Συγκεκριμένα τα σενάρια αυτά συνεπάγονται τις μικρότερες εισοδηματικές μεταβιβάσεις στις λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές από όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν. Τα χαμηλά έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων συνεπάγονται χειροτέρευση του ισοζυγίου πληρωμών μειώνοντας έτσι την ικανότητα των αναπτυσσόμενων χωρών να εισάγουν. Η πτώση των εισαγωγών οφείλεται κυρίως από την μειωμένη ζήτηση για αγροτικά προϊόντα και προϊόντα ρουχισμού. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι η οριακή ροπή για κατανάλωση τροφίμων και ρουχισμού σε αυτές τις περιοχές είναι συγκριτικά υψηλότερη από τις υπόλοιπες περιοχές του κόσμου. Έτσι η μείωση της ζήτησης των non-Annex-B χωρών για εισαγόμενα αγροτικά προϊόντα έχει άμεσο αντίκτυπο στην αγροτική παραγωγή των ανεπτυγμένων χωρών.

Η επίπτωση στον κλάδο υπηρεσιών και στον κλάδο των μεταφορών κυριαρχείται από τις αλλαγές που συμβαίνουν στην δομή της οικιακής κατανάλωσης. Αυτή είναι η περίπτωση του κλάδου μεταφορών όπου το κόστος χρήσης των μεταφορικών μέσων αυξάνεται προκαλώντας έτσι μείωση της κατανάλωσης τους από τον οικιακό τομέα.

#### 6.1.6 Μακροοικονομικές επιπτώσεις σε εθνικό επίπεδο

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο δείκτης για να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές κατανομές δικαιωμάτων είναι η ευημερία. Αυτός ο δείκτης προτιμάται από το ΑΕΠ διότι μεταξύ άλλων συμπεριλαμβάνει τις ευνοϊκές επιπτώσεις στον καταναλωτή που προκαλούνται από μία αύξηση των εισαγωγών. Ειδικότερα το εισόδημα που προέρχεται από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών επιτρέπει σε μία χώρα όχι μόνο να αυξήσει τις επενδύσεις της και το παραγωγικό της δυναμικό αλλά και να αυξήσει τις εισαγωγές αγαθών και υπηρεσιών. Αυτή η αύξηση των εισαγωγών αν και συνεπάγεται μείωση του ΑΕΠ ευνοεί τους καταναλωτές οι οποίοι θεωρούν ότι τα εγχωρίως παραγόμενα αγαθά και τα εισαγόμενα είναι ατελή υποκατάστατα (υπόθεση *armington*). Προτού γίνει η ανάλυση των επιπτώσεων στην ευημερία από τα διαφορετικά σενάρια κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί ο λόγος των

δικαιωμάτων εκπομπών που κατανέμονται σε κάθε χώρα προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της κάθε χώρας στο σενάριο αναφοράς (Πίνακας 6-2).

Οι τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακας 6-2 και είναι μεγαλύτερες της μονάδας υποδηλώνουν κατανομή επιπρόσθετων δικαιωμάτων εκπομπών σε σχέση με τις εκπομπές που είχε η χώρα στο σενάριο αναφοράς. Παρατηρείται ότι οι μοναδικές περιπτώσεις χωρών που χορηγούνται δικαιώματα εκπομπών υψηλότερα από τις εκπομπές αερίων που είχαν στο σενάριο αναφοράς (hot-air) καταγράφονται μόνο στα σενάρια της κατηγορίας 650-ppmν και αφορούν μερικές από τις πιο οικονομικά αδύναμες περιοχές του κόσμου (Νότια Ασία, Αφρική και Μεσογειακές χώρες). Στην κατηγορία 550-ppmν όπου ο στόχος μείωσης των εκπομπών είναι πολύ υψηλός παρατηρείται ότι όλες οι περιοχές του κόσμου λαμβάνουν κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών πολύ χαμηλότερες από τις εκπομπές τους στο σενάριο αναφοράς (εξαίρεση αποτελεί η Νότια Ασία στο σενάριο PCC50). Τα πιο ευνοϊκά σενάρια (όσον αφορά στην κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών) για τις αναπτυσσόμενες περιοχές είναι τα per capita convergence ενώ το πιο αυστηρό είναι το σενάριο SMS3.

**Πίνακας 6-2: Λόγος δικαιωμάτων εκπομπών προς εκπομπές αερίων του σεναρίου αναφοράς (2030)**

	550 ppmν					650 ppmν				
	SMS1	SMS2	SMS3	PCC50	PCC100	SMS1	SMS2	SMS3	PCC50	PCC100
<i>Αφρική</i>	1,00	1,00	1,00	0,87	0,60	1,00	1,00	1,00	1,25	0,86
<i>CIS</i>	0,37	0,40	0,35	0,40	0,50	0,60	0,60	0,57	0,57	0,72
<i>Αυστραλία &amp; Νέα Ζηλανδία</i>	0,31	0,33	0,28	0,37	0,45	0,53	0,51	0,49	0,52	0,65
<i>Βόρεια Ε.Ε.</i>	0,34	0,36	0,32	0,39	0,46	0,54	0,52	0,51	0,55	0,66
<i>Γερμανία</i>	0,41	0,43	0,38	0,47	0,58	0,69	0,66	0,64	0,67	0,84
<i>Η.Π.Α.</i>	0,27	0,29	0,24	0,40	0,55	0,58	0,55	0,52	0,58	0,79
<i>Ηνωμένο Βασίλειο</i>	0,41	0,44	0,38	0,47	0,56	0,66	0,64	0,63	0,67	0,81
<i>Ιαπωνία</i>	0,42	0,45	0,39	0,47	0,56	0,66	0,64	0,63	0,67	0,80
<i>Ινδία</i>	0,85	0,85	0,74	0,69	0,54	1,00	1,00	1,00	0,98	0,77
<i>Καναδάς</i>	0,28	0,30	0,26	0,34	0,43	0,50	0,48	0,46	0,49	0,62
<i>Κεντρική Αμερική</i>	0,52	0,53	0,64	0,57	0,56	0,76	0,77	0,84	0,82	0,80
<i>Κεντρική Ευρώπη (εκτός Ε.Ε.)</i>	0,46	0,48	0,43	0,49	0,58	0,69	0,68	0,68	0,70	0,82
<i>Κίνα</i>	0,52	0,50	0,66	0,50	0,51	0,83	0,84	0,87	0,71	0,73
<i>Λατινική Αμερική</i>	0,67	0,54	0,60	0,64	0,59	0,79	0,79	0,92	0,92	0,84
<i>Μέση Ανατολή</i>	0,40	0,38	0,41	0,43	0,44	0,53	0,73	0,60	0,61	0,63
<i>Μεσογειακές Χώρες</i>	0,75	0,65	0,71	0,71	0,59	0,91	0,91	0,91	1,02	0,85
<i>Υπόλοιπη Ανατολική Ασία</i>	0,64	0,65	0,56	0,51	0,47	0,90	0,90	0,91	0,73	0,67
<i>Υπόλοιπη Ε.Ε.</i>	0,42	0,44	0,39	0,47	0,56	0,66	0,64	0,62	0,67	0,80
<i>Υπόλοιπη Ευρώπη</i>	0,34	0,36	0,32	0,38	0,44	0,52	0,51	0,50	0,54	0,63
<i>Υπόλοιπη Νότια Ασία</i>	1,00	1,00	1,00	1,36	0,87	1,00	1,00	1,00	1,94	1,24
<i>Υπόλοιπος Κόσμος</i>	0,75	0,75	0,58	0,68	0,53	1,00	1,00	1,00	0,97	0,76

Πηγή:GEM-E3.

Ο Πίνακας 6-3 απεικονίζει την κατανομή της προσπάθειας μείωσης με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, για κάθε προσομοίωση. Οι μειώσεις αυτές είναι χρήσιμες προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές που έχουν δυνατότητες μείωσης των εκπομπών σε πολύ χαμηλό κόστος. Από τα αποτελέσματα του πίνακα προκύπτει ότι οι χώρες των οποίων το κύριο εξαγωγικό προϊόν είναι η ενέργεια έχουν πολύ σημαντικές δυνατότητες μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με χαμηλό κόστος. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί τόσο από τα χαμηλού κόστους μέτρα μείωσης των εκπομπών μεθανίου από τον αγροτικό τομέα όσο και από το χαμηλό κόστος καυσίμων που υπάρχει στις χώρες αυτές. Στις αναπτυσσόμενες χώρες οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μπορούν να μειωθούν με σχετικά μεγάλο κόστος αφού οι πιο φθηνές επιλογές έχουν ήδη εξαντληθεί εξαιτίας των υψηλών τιμών καυσίμων και της φορολογίας.

Ο συνδυασμός των δικαιωμάτων εκπομπών (όπως κατανέμονται από τα διάφορα σενάρια), των εκπομπών αερίων του σεναρίου αναφοράς, της δυνατότητας μείωσης των εκπομπών και της τιμής του δικαιώματος εκπομπών (όπως αυτή προκύπτει από την ισορροπία στην αγορά δικαιωμάτων) παράγει μια αξία που αντιπροσωπεύει μια μεταβίβαση εισοδήματος στις χώρες που είναι καθαροί πωλητές δικαιωμάτων.

**Πίνακας 6-3: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά περιοχή (2030)**

	550 ppmv					650 ppmv				
	SMS1	SMS2	SMS3	PC1	PC2	SMS1	SMS2	SMS3	PC1	PC2
<i>Αφρική</i>	-39,42	-39,41	-39,57	-40,26	-46,32	-17,40	-17,46	-17,54	-17,25	-17,33
<i>Αυστραλία &amp; Νέα Ζηλανδία</i>	-41,66	-41,67	-41,37	-41,25	-40,19	-18,51	-18,55	-18,58	-18,75	-18,59
<i>Ηνωμένο Βασίλειο</i>	-31,33	-30,99	-31,90	-29,86	-28,31	-12,13	-12,16	-12,23	-12,17	-11,95
<i>Κεντρική Αμερική</i>	-35,61	-35,23	-34,11	-33,54	-32,11	-12,45	-12,46	-12,43	-12,49	-12,33
<i>Καναδάς</i>	-49,44	-49,24	-49,46	-48,07	-46,46	-24,34	-24,39	-24,49	-24,46	-24,09
<i>Κεντρική Ευρώπη</i>	-50,92	-50,39	-51,62	-49,30	-47,00	-23,29	-23,37	-23,48	-23,37	-22,80
<i>Κίνα</i>	-59,76	-60,46	-55,32	-59,72	-58,38	-31,89	-31,95	-31,97	-32,17	-31,80
<i>CIS</i>	-64,79	-63,74	-65,81	-62,91	-58,55	-37,82	-37,90	-38,24	-38,03	-36,59
<i>Γερμανία</i>	-34,92	-34,56	-35,46	-33,37	-31,67	-14,09	-14,12	-14,17	-14,21	-13,99
<i>Ινδία</i>	-33,06	-33,18	-39,27	-43,06	-53,39	-29,14	-29,16	-29,18	-29,33	-32,22
<i>Ιαπωνία</i>	-28,06	-27,76	-28,37	-26,73	-25,29	-11,10	-11,14	-11,18	-11,20	-10,99
<i>Μέση Ανατολή</i>	-58,22	-58,55	-58,39	-56,65	-55,47	-28,66	-27,25	-28,30	-28,14	-27,88
<i>Μεσογειακές Χώρες</i>	-36,44	-38,74	-37,89	-36,38	-37,74	-15,22	-15,24	-15,31	-14,90	-15,39
<i>Βόρεια Ε.Ε.</i>	-31,94	-31,60	-32,44	-30,34	-28,64	-10,91	-10,94	-10,99	-11,00	-10,82
<i>Υπόλοιπη Ευρώπη</i>	-26,15	-25,93	-26,55	-25,05	-23,80	-10,28	-10,29	-10,35	-10,39	-10,20
<i>Υπόλοιπη Ανατολική Ασία</i>	-39,39	-39,20	-40,44	-39,96	-38,88	-15,22	-15,30	-15,30	-15,68	-15,54
<i>Υπόλοιπη Ε.Ε.</i>	-28,20	-27,75	-28,89	-26,39	-24,48	-8,91	-8,93	-8,97	-9,03	-8,84
<i>Υπόλοιπος Κόσμος</i>	-41,08	-40,91	-43,32	-41,03	-41,15	-22,75	-22,79	-22,85	-22,83	-22,68
<i>Υπόλοιπη Νότια Ασία</i>	-34,81	-34,98	-34,59	-30,42	-37,13	-21,37	-21,46	-21,46	-18,46	-20,59
<i>Λατινική Αμερική</i>	-29,82	-30,59	-30,55	-28,92	-27,94	-11,48	-11,49	-11,52	-11,57	-11,44
<i>Η.Π.Α.</i>	-52,28	-51,85	-52,79	-50,01	-47,60	-23,34	-23,43	-23,57	-23,43	-22,86

Πηγή: GEM-E3.

Το μέγεθος αυτής της εισοδηματικής μεταβίβασης σε συνδυασμό με το κόστος προσαρμογής κάθε οικονομίας στην νέα ισορροπία προσδιορίζουν τις επιπτώσεις στην ευημερία του καταναλωτή. Η αξία της εισοδηματικής μεταβίβασης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και συσχετίζεται με τα κόστη και οφέλη που αποκομίζουν οι συμμετέχοντες στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών που συνεπάγεται το κάθε σενάριο.

Πίνακας 6-4 δείχνει την αξία της εισοδηματικής μεταβίβασης ως ποσοστό του ΑΕΠ για το έτος 2030. Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι οι αναπτυγμένες περιοχές είναι αγοραστές δικαιωμάτων ενώ η εικόνα για τις υπόλοιπες περιοχές του κόσμου είναι μεικτή. Η καθαρή εισροή στην Νότια Ασία όμως είναι σημαντική σε όλες τις περιπτώσεις και υψηλότερη στα PCC σενάρια.

**Πίνακας 6-4: Αγορές/Πωλήσεις δικαιωμάτων εκπομπών ως ποσοστό του ΑΕΠ (2030)**

	550 ppmv					650 ppmv				
	SMS1	SMS2	SMS3	PC1	PC2	SMS1	SMS2	SMS3	PC1	PC2
<i>Αφρική</i>	26,97	26,20	28,31	16,24	4,37	1,71	1,74	1,73	3,87	0,40
<i>Αυστραλία &amp; Νέα Ζηλανδία</i>	-5,14	-4,58	-5,98	-3,54	-1,93	-0,69	-0,73	-0,78	-0,67	-0,37
<i>Ηνωμένο Βασίλειο</i>	-2,46	-2,20	-2,81	-1,85	-1,03	-0,25	-0,28	-0,30	-0,25	-0,09
<i>Κεντρική Αμερική</i>	-1,58	-1,39	0,37	-1,00	-1,30	-0,27	-0,27	-0,08	-0,14	-0,19
<i>Καναδάς</i>	-3,99	-3,59	-4,60	-2,82	-1,54	-0,57	-0,61	-0,64	-0,57	-0,31
<i>Κεντρική Ευρώπη</i>	-2,30	-1,44	-3,06	-1,49	0,74	-0,51	-0,56	-0,59	-0,47	0,19
<i>Κίνα</i>	12,64	10,88	22,14	9,21	7,44	2,21	2,26	2,70	0,79	0,83
<i>CIS</i>	2,36	3,38	1,52	2,56	6,13	-0,50	-0,52	-0,90	-0,87	0,87
<i>Γερμανία</i>	-1,68	-1,48	-1,94	-1,19	-0,53	-0,16	-0,18	-0,20	-0,17	-0,03
<i>Ινδία</i>	22,50	21,89	17,43	12,71	7,02	4,87	4,91	4,89	4,58	1,83
<i>Ιαπωνία</i>	-1,42	-1,29	-1,61	-1,13	-0,71	-0,15	-0,16	-0,17	-0,14	-0,07
<i>Μέση Ανατολή</i>	-0,35	-0,75	0,07	0,02	-0,03	-0,87	-0,02	-0,59	-0,53	-0,45
<i>Μεσογειακές Χώρες</i>	4,40	1,86	3,69	2,60	-0,42	0,26	0,28	0,26	0,72	0,00
<i>Βόρεια Ε.Ε.</i>	-2,95	-2,73	-3,25	-2,38	-1,69	-0,39	-0,40	-0,42	-0,36	-0,25
<i>Υπόλοιπη Ευρώπη</i>	-2,48	-2,32	-2,71	-2,04	-1,50	-0,30	-0,31	-0,32	-0,28	-0,21
<i>Υπόλοιπη Ανατολική Ασία</i>	1,29	1,29	-0,99	-2,08	-2,98	0,20	0,20	0,22	-0,42	-0,63
<i>Υπόλοιπη Ε.Ε.</i>	-2,17	-1,96	-2,45	-1,71	-1,06	-0,25	-0,27	-0,29	-0,23	-0,10
<i>Υπόλοιπος Κόσμος</i>	2,72	2,59	0,09	1,21	-0,90	0,46	0,47	0,46	0,38	-0,09
<i>Υπόλοιπη Νότια Ασία</i>	30,57	29,78	31,88	52,21	15,27	2,75	2,78	2,76	13,61	5,27
<i>Λατινική Αμερική</i>	-0,35	-2,34	-1,52	-0,91	-1,58	-0,24	-0,24	0,05	0,04	-0,12
<i>Η.Π.Α.</i>	-0,27	-0,24	-0,31	-0,11	0,01	-0,03	-0,04	-0,04	-0,03	0,00

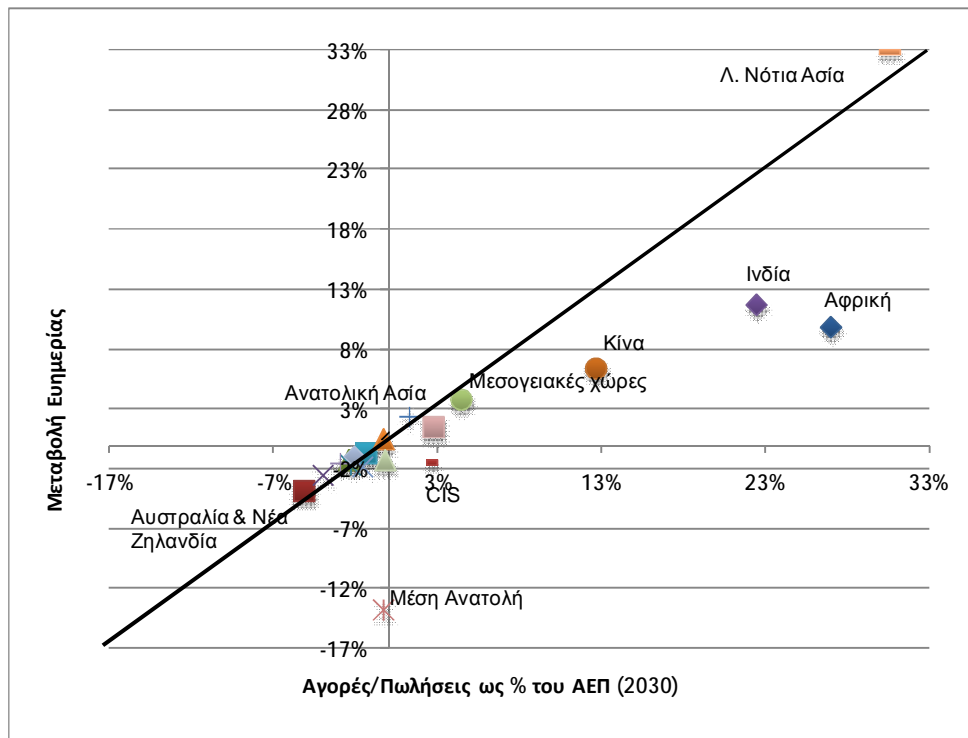
Πηγή:GEM-E3

Πριν γίνει η αναλυτική περιγραφή των επιπτώσεων των διαφορετικών σεναρίων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στην ευημερία κάθε χώρας είναι σημαντικό να εξεταστεί η σχέση μεταξύ των εσόδων/εξόδων από την πώληση/αγορά δικαιωμάτων εκπομπών και μεταβολής στην ευημερία. Για λόγους παρουσίασης επιλέχθηκε το SMS1 550 ppmv σενάριο αλλά είναι ξεκάθαρο από τους υπόλοιπους πίνακες που παρατίθενται στο

κεφάλαιο αυτό ότι ο κανόνας ισχύει και στα υπόλοιπα σενάρια με μικρές μόνο διακυμάνσεις.

Το Σχήμα 6-3 παρουσιάζει τις εισοδηματικές μεταβιβάσεις που συνεπάγεται το εμπόριο εκπομπών σε σχέση με τις μεταβολές στην ευημερία. Οι περισσότερες χώρες/περιοχές βρίσκονται κοντά στην ευθεία γραμμή που περνάει από την αρχή των αξόνων και είναι διχοτόμος. Αυτό σημαίνει ότι τα δύο μεγέθη λειτουργούν ανάλογα. Υπάρχουν όμως και ορισμένες εξαιρέσεις που χρήζουν περαιτέρω ανάλυσης προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι μεταβολές στην ευημερία που θα παρουσιαστούν στο επόμενο μέρος.

**Σχήμα 6-3: Ευημερία, αγορές/πωλήσεις δικαιωμάτων ως % του ΑΕΠ (2030 – SMS1 550 ppmv)**



Πηγή:GEM-E3

Η πιο αξιοσημείωτη περίπτωση μεταξύ αυτών αφορά στην Μέση Ανατολή, η οποία καταγράφει τις μεγαλύτερες απώλειες σε όρους ευημερίας. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην επιδείνωση του εμπορικού της ισοζυγίου. Οι εξαγωγές αργού πετρελαίου, το κύριο εξαγωγικό προϊόν της χώρας, μειώνονται εξαιτίας της πτώσης της παγκόσμιας δραστηριότητας. Η πρώην Σοβιετική Ένωση, η οποία είναι επίσης σημαντικός εξαγωγέας ενέργειας, αποκλίνει από την αναλογία αλλά σε χαμηλότερο βαθμό λόγω της μεγαλύτερης διαφοροποίησης των εξαγωγών της. Η Ινδία και σε μικρότερο βαθμό η Κίνα καταγράφουν

μια προς τα κάτω απόκλιση η οποία συνδέεται με την πτώση των τιμών εξαγωγών τους και το αυξανόμενο κόστος παραγωγής των ενεργοβόρων βιομηχανιών τους (οι οποίες στο σενάριο αναφοράς είχαν σημαντικά μερίδια στην παγκόσμια αγορά λόγω της διαθεσιμότητας φθηνού άνθρακα). Αντίθετες δυνάμεις επιδρούν στην περίπτωση της Νότιας Ασίας που χαρακτηρίζεται από χαμηλή εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα και μπορεί να χρησιμοποιήσει το εισόδημα από την πώληση δικαιωμάτων για να αυξήσει την κατανάλωση της.

Ο Πίνακας 6-5 παρουσιάζει τις επιπτώσεις στην ευημερία κάθε χώρας που συνεπάγεται το κάθε σενάριο. Η εισοδηματική μεταβίβαση που προκύπτει από τις καθαρές πωλήσεις δικαιωμάτων εκπομπών οδηγεί σε αλλαγές στην κατανομή της κατανάλωσης διεθνώς. Συγκεκριμένα οι καταναλωτές σε χώρες που πωλούν δικαιώματα εκπομπών βλέπουν το διαθέσιμο τους εισόδημα να αυξάνει και χρησιμοποιούν μέρος αυτού για να αυξήσουν την κατανάλωση τους. Η ευημερία είναι συνάρτηση της κατανάλωσης, επομένως αύξηση της ευημερίας παρατηρείται κυρίως σε περιοχές που πωλούν δικαιώματα εκπομπών. Οι περιοχές που επηρεάζονται αρνητικά από την πολιτική μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε όρους ευημερίας, είναι οι ενεργειακοί εξαγωγείς ενώ θετικά αποτελέσματα καταγράφουν αναπτυσσόμενες χώρες όπως οι Νότιος Ασία (RAS), Ινδία (IND), Αφρική (AFR) και Κίνα (CHI).

**Πίνακας 6-5: % Μεταβολή ευημερίας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (2030)**

650 ppmv										550 ppmv									
SMS1		SMS2		SMS3		PC50		PC100		SMS1		SMS2		SMS3		PC50		PC100	
RAS	7.79	RAS	7.87	RAS	7.91	RAS	16.06	RAS	9.64	RAS	32.79	RAS	32.47	RAS	33.13	RAS	34.62	RAS	28.17
IND	6.92	IND	6.95	IND	6.96	IND	6.55	IND	3.12	IND	11.75	IND	11.63	IND	10.41	IND	8.92	IND	5.13
CHI	2.21	CHI	2.27	CHI	2.69	AFR	1.21	CHI	0.72	AFR	9.96	AFR	9.76	AFR	10.14	AFR	8.44	CHI	4.17
EAS	0.71	EAS	0.73	EAS	0.79	MED	0.70	FSU	0.64	CHI	6.51	CHI	5.65	CHI	9.70	CHI	4.95	FSU	2.97
AFR	0.62	AFR	0.66	AFR	0.65	CHI	0.65	AFR	0.07	MED	3.84	EAS	2.35	MED	3.05	MED	1.84	AFR	2.24
MED	0.14	MED	0.19	LAO	0.18	LAO	-0.06	JAP	-0.08	EAS	2.51	ROW	1.38	LAO	1.02	ROW	0.13	USA	-0.35
JAP	-0.07	JAP	-0.07	MED	0.18	JAP	-0.12	GEU	-0.09	ROW	1.53	MED	0.98	EAS	0.94	LAM	-0.32	GEU	-0.35
GEU	-0.09	GEU	-0.08	JAP	-0.07	GEU	-0.13	USA	-0.12	LAM	0.55	FSU	-0.10	LAM	-0.30	GEU	-0.48	JAP	-0.42
ROW	-0.11	ROW	-0.09	LAM	-0.08	REU	-0.17	REU	-0.13	JAP	-0.52	GEU	-0.49	JAP	-0.52	JAP	-0.51	REU	-0.64
LAO	-0.13	LAO	-0.11	GEU	-0.09	LAM	-0.18	LAO	-0.13	GEU	-0.53	JAP	-0.51	GEU	-0.55	FSU	-0.67	BEU	-0.85
REU	-0.14	REU	-0.14	ROW	-0.09	ROW	-0.20	BEU	-0.19	REU	-0.88	REU	-0.83	ROW	-0.66	USA	-0.69	CEA	-0.99
LAM	-0.18	LAM	-0.15	REU	-0.14	USA	-0.22	LAM	-0.24	OEU	-1.09	USA	-1.02	REU	-0.92	REU	-0.80	OEU	-1.00
USA	-0.18	USA	-0.19	BEU	-0.20	EAS	-0.23	OEU	-0.27	USA	-1.11	OEU	-1.08	OEU	-1.12	BEU	-1.05	NEU	-1.16
BEU	-0.20	BEU	-0.20	USA	-0.20	BEU	-0.25	CEA	-0.27	BEU	-1.15	BEU	-1.09	BEU	-1.20	LAO	-1.12	LAM	-1.28
OEU	-0.23	OEU	-0.21	OEU	-0.22	NEU	-0.33	NEU	-0.28	FSU	-1.37	NEU	-1.41	USA	-1.22	OEU	-1.14	CAN	-1.38
NEU	-0.27	NEU	-0.26	NEU	-0.26	OEU	-0.35	CAN	-0.37	NEU	-1.45	LAM	-1.43	NEU	-1.49	NEU	-1.36	LAO	-1.76
CEA	-0.38	CEA	-0.38	CEA	-0.38	CEA	-0.51	AUZ	-0.38	CEA	-1.64	CEA	-1.43	CEA	-1.78	EAS	-1.64	ROW	-1.96
CAN	-0.44	CAN	-0.44	CAN	-0.45	CAN	-0.51	ROW	-0.40	LAO	-1.77	LAO	-1.60	FSU	-2.47	CEA	-1.69	AUZ	-1.97
AUZ	-0.52	AUZ	-0.54	AUZ	-0.57	AUZ	-0.61	MED	-0.43	CAN	-2.41	CAN	-2.24	CAN	-2.53	CAN	-1.94	MED	-2.36
FSU	-0.97	FSU	-0.98	FSU	-1.48	FSU	-1.56	EAS	-0.51	AUZ	-3.72	AUZ	-3.45	AUZ	-3.97	AUZ	-2.97	EAS	-3.52
MEA	-11.45	MEA	-6.11	MEA	-9.46	MEA	-9.25	MEA	-9.17	MEA	-13.67	MEA	-17.55	MEA	-11.52	MEA	-13.87	MEA	-17.17

Πηγή:GEM-E3

Και στις δύο περιπτώσεις και σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν η Μέση Ανατολή (MEA) καταγράφει τις πιο σημαντικές απώλειες ευημερίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή αυτή υφίσταται επιδείνωση του εμπορικού της ισοζυγίου σε όλες τις προσομοιώσεις. Επιπλέον η περιοχή αυτή είναι καθαρός αγοραστής δικαιωμάτων. Παρόμοιες συνθήκες επικρατούν και στην περίπτωση της πρώην Σοβιετικής Ένωσης (FSU). Η πτώση της ευημερίας στην περιοχή αυτή είναι περιορισμένη εξαιτίας της διαφοροποίησης των εξαγωγών της. Χώρες με σημαντικές εξαγωγές ενέργειας όπως η Αυστραλία (AUZ) και ο Καναδάς (CAN) επίσης καταγράφουν αρνητικές μεταβολές στην ευημερία τους στα περισσότερα σενάρια που εξετάστηκαν. Η Αυστραλία ως σημαντικός εξαγωγέας άνθρακα γίνεται σημαντικός αγοραστής δικαιωμάτων εκπομπών προκειμένου να προσαρμοστεί στον περιβαλλοντικό περιορισμό και έτσι υφίσταται σημαντικές απώλειες στην ευημερία της.

Οι χώρες της κεντρικής Ευρώπης (CEA) επηρεάζονται λιγότερο από τα σενάρια μείωσης παρά το γεγονός ότι έχουν περιορισμένες δυνατότητες μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από ενεργειακές δραστηριότητες. Στα σενάρια SMS οι χώρες της κεντρικής Ευρώπης βρίσκονται στην ίδια περίπου κατάσταση αφού το επίπεδο αγορών δικαιωμάτων και η μεταβολή της ευημερίας τους κινούνται στην ίδια τάξη μεγέθους. Το ίδιο δεν ισχύει και στα σενάρια PCC τα οποία συνεπάγονται πωλήσεις δικαιωμάτων για την περιοχή. Η Αμερική και η Ε.Ε. παρουσιάζουν μικρές απώλειες ευημερίας στο σενάριο PC100 ενώ επηρεάζονται περισσότερο αρνητικά στα SMS σενάρια όπου η γρήγορη μείωση των διαθέσιμων δικαιωμάτων εκπομπών τις αναγκάζει να αγοράσουν μεγάλο αριθμό δικαιωμάτων εκπομπών.

Στο σύνολο των σεναρίων οι περιοχές που επωφελούνται περισσότερο σε όρους ευημερίας είναι η Νότιος Ασία και η Ινδία. Αυτές οι περιοχές είναι καθαροί εξαγωγείς δικαιωμάτων σε όλες τις περιπτώσεις. Υψηλές θετικές μεταβολές στην ευημερία παρουσιάζουν επίσης περιοχές όπως η Υποσαχάρια Αφρική και οι Μεσογειακές χώρες (εκτός Ε.Ε.), περιοχές που περιλαμβάνουν μερικές από τις πιο αδύναμες οικονομικά χώρες στον κόσμο. Για αυτές τις περιοχές τα σενάρια SMS3 και PCC50 προσφέρουν τις καλύτερες προοπτικές ενώ το σενάριο PCC100 τις χειρότερες. Γεγονός που συνδέεται άμεσα με την ευνοϊκή κατανομή



δικαιωμάτων που αυτά τα σενάρια συνεπάγονται για αυτές τις χώρες και στις δύο περιπτώσεις.

**6.1.7 Ενδογενής κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου**  
Στο τμήμα αυτό παρουσιάζεται μία εναλλακτική κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπών (η οποία από εδώ και στο εξής θα αποκαλείται ENDO) η οποία είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται μηδενική μεταβολή στην ευημερία των αναπτυσσόμενων περιοχών και ομοιόμορφη μεταβολή ευημερίας στις αναπτυγμένες. Η κατανομή αυτή είναι ενδογενής και προκύπτει από την επίλυση το υποδείγματος GEM-E3 (το υπόδειγμα επιλύεται για την κατανομή δικαιωμάτων που πρέπει να λάβει η κάθε χώρα προκειμένου να ικανοποιηθούν οι παραπάνω περιορισμοί ευημερίας). Ο συνολικός στόχος μείωσης των εκπομπών αφορά επίπεδα συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου 550ppmv. Η κατανομή δικαιωμάτων που προκύπτει από αυτήν την προσέγγιση επιτρέπει την ενσωμάτωση των ιδιαιτεροτήτων της κάθε χώρας:

- Την σπουδαιότητα του ενεργειακού κλάδου και των ενεργοβόρων βιομηχανιών ανά χώρα
- Την ευαισθησία των κλάδων παραγωγής στο διεθνές εμπόριο
- Τα ιδιαίτερα πρότυπα κατανάλωσης κάθε χώρας

Το ENDO σενάριο είναι ευνοϊκότερο για τις περιοχές που είχαν καταγράψει υψηλές απώλειες ευημερίας στα προηγούμενα σενάρια (πχ τους εξαγωγείς ενέργειας) και κατανέμει λιγότερα δικαιώματα στις Ασιατικές οικονομίες (Πίνακας 6-6). Η κατανομή δικαιωμάτων από το ENDO σενάριο είναι πιο κοντά σε αυτή του PCC100. Σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα σενάρια η Αφρική, η Ινδία, η Κίνα και η Νότια Ασία λαμβάνουν πολύ λιγότερα δικαιώματα εκπομπών προκειμένου να επιτύχουν μηδενική μεταβολή στην ευημερία τους. Στην Ε.Ε. κατανέμονται περισσότερα δικαιώματα όπως και στην περίπτωση του Καναδά . Η Αυστραλία προκειμένου να αποζημιωθεί για τις αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή των κλάδων μεταλλουργίας και άνθρακα λαμβάνει σημαντικά υψηλότερο αριθμό δικαιωμάτων. Αντίστοιχα και η Μέση Ανατολή διπλασιάζει τα δικαιώματα που της κατανέμονται, γεγονός που εξασφαλίζει το επιπρόσθετο εισόδημα που χρειάζεται για να αποζημιωθεί για την επιδείνωση του εμπορικού της ισοζυγίου.

**Πίνακας 6-6: Σύγκριση δικαιωμάτων εκπομπών, ENDO, SMS, PCC (% μεταβολές του ENDO σεναρίου από τα υπόλοιπα - 2030)**

	MS1	MS2	MS3	PCC50	PCC100
Αφρική	-42,9	-42,9	-42,9	-34,5	-5,1
Αυστραλία & Νέα Ζηλανδία	103,5	90,8	121,0	71,0	38,2
Ηνωμένο Βασίλειο	65,7	56,4	78,4	47,1	21,7
Καναδάς	104,4	91,1	122,7	67,9	33,0
Κεντρική Ευρώπη	52,9	45,3	60,6	42,9	21,0
Κίνα	-17,3	-13,5	-34,6	-13,5	-15,0
Υπόλοιπη Ανατολική Ασία	-1,4	-2,0	14,2	24,2	35,9
CIS	22,2	15,4	29,0	14,0	-8,6
Γερμανία	7,3	0,9	16,1	-7,1	-25,2
Ινδία	-51,5	-51,4	-44,3	-39,9	-23,6
Ιαπωνία	4,8	-0,8	12,2	-5,3	-20,5
Λατινική Αμερική	9,7	36,0	23,0	14,6	24,5
Κεντρική Αμερική	36,1	33,0	11,2	24,6	27,5
Μέση Ανατολή	64,1	70,7	60,2	53,5	49,5
Μεσογειακές Χώρες	-7,2	7,0	-1,6	-1,9	18,2
Βόρεια Ε.Ε.	57,5	49,1	68,5	40,6	18,6
Υπόλοιπη Ευρώπη	78,0	68,8	90,2	60,9	37,0
Υπόλοιπη Νότια Ασία	-54,3	-54,3	-54,3	-66,3	-47,3
Υπόλοιπη Ε.Ε.	69,1	60,2	81,0	51,9	28,1
Υπόλοιπος Κόσμος	-11,2	-11,1	15,2	-1,9	24,5
Η.Π.Α.	83,6	68,7	104,2	21,3	-11,2

Πηγή:GEM-E3

Σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια της κατηγορίας 550ppmv το ENDO σενάριο παρουσιάζει την μεγαλύτερη πτώση στο παγκόσμιο ΑΕΠ (-5.8%). Σε ένα μεγάλο βαθμό αυτό οφείλεται στην διαφορετική χρησιμοποίηση των εσόδων από την πώληση των δικαιωμάτων. Η μείωση στο ΑΕΠ που προκαλείται από τις δευτερογενείς επιπτώσεις της χρήσης των εσόδων από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών συνεπάγεται χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και επομένως μικρότερη προσπάθεια. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται στη χαμηλότερη τιμή του δικαιώματος εκπομπών (172 €<sub>9</sub> t/CO<sub>2</sub> eq. το 2030).

Σε κλαδικό επίπεδο ο αγροτικός τομέας, ο κλάδος των τροφίμων και ο κλάδος ρουχισμού παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μειώσεις σε σύγκριση με όλα τα προηγούμενα σενάρια. Όπως και στην περίπτωση των per capita convergence σεναρίων αυτό οφείλεται στις χαμηλότερες μεταβιβάσεις εισοδήματος στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι ενεργειακοί τομείς καταγράφουν τις χαμηλότερες μειώσεις από κάθε άλλο σενάριο της περίπτωσης 550ppmv. Σε ένα μεγάλο βαθμό αυτό δείχνει την επίπτωση της χαμηλότερης τιμής του δικαιώματος εκπομπών στην αύξηση του κόστους παραγωγής των τομέων αυτών.

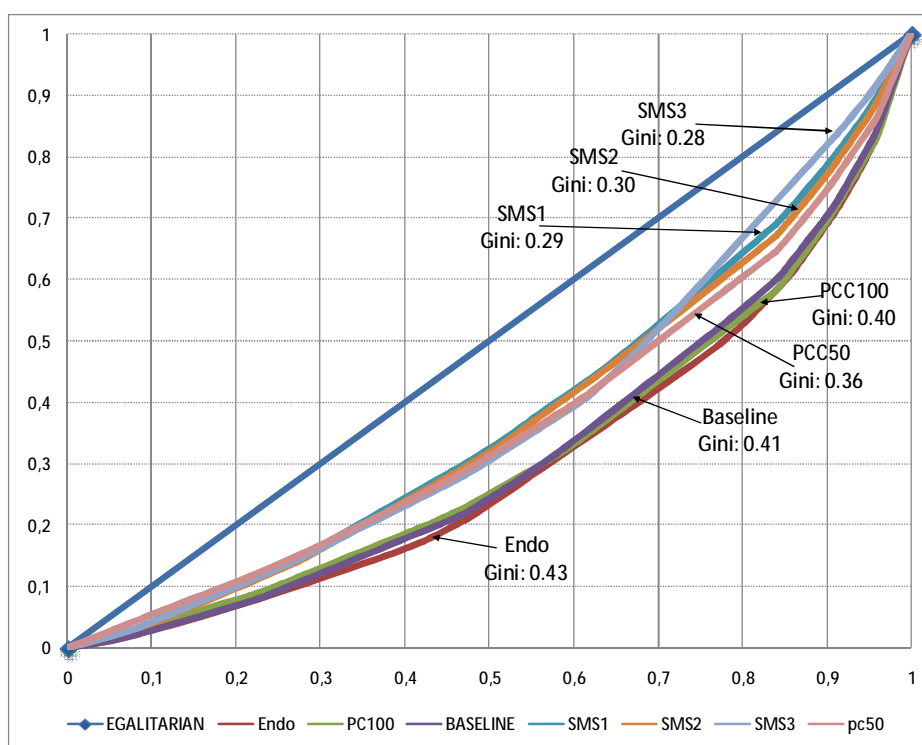
Πίνακας 6-7: Κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών ENDO σενάριο (b.t. of CO<sub>2</sub> eq), 550ppmv

	Δικαιώματα Ρύπων				Δικαιώματα ρύπων ανα κάτοικο (2030).					
	2015	2020	2025	2030	ENDO	MS1	MS2	MS3	PCC50	PCC100
Αφρική	22,10	21,20	20,20	19,60	1,6	2,9	2,9	2,9	2,5	1,7
Αυστραλία & Νέα Ζηλανδία	5,20	5,10	4,90	4,60	11,3	5,5	5,9	5,3	6,6	8,1
Ηνωμένο Βασίλειο	6,10	6,10	6,00	5,30	8,9	5,4	5,7	5,0	6,1	7,3
Κεντρική Αμερική	25,20	23,80	23,00	21,70	6,0	4,4	4,5	5,4	4,8	4,7
Καναδάς	6,50	6,40	5,50	4,70	12,1	5,9	6,3	5,4	7,2	9,1
Κεντρική Ευρώπη	10,10	9,90	9,30	9,20	8,0	5,2	5,5	5,0	5,6	6,6
Κίνα	63,80	61,80	57,50	48,80	3,3	4,0	3,8	5,1	3,8	3,9
CIS	31,00	30,80	25,50	23,50	8,0	6,5	6,9	6,2	7,0	8,7
Γερμανία	8,70	8,20	6,50	5,00	6,3	5,9	6,3	5,5	6,8	8,5
Ινδία	30,00	29,20	26,30	23,20	1,7	3,5	3,5	3,0	2,8	2,2
Ιαπωνία	8,70	8,00	7,00	6,60	5,6	5,4	5,7	5,0	5,9	7,1
Μέση Ανατολή	23,70	21,70	18,00	15,70	5,2	3,2	3,1	3,3	3,4	3,5
Μεσογειακές Χώρες	11,20	11,00	9,60	9,00	3,0	3,2	2,8	3,0	3,0	2,5
Βόρεια Ε.Ε.	1,80	1,70	1,60	1,60	8,1	5,1	5,4	4,8	5,8	6,8
Υπόλοιπη Ευρώπη	1,50	1,40	1,30	1,10	7,8	4,4	4,6	4,1	4,8	5,7
Υπόλοιπη Ανατολική Ασία	32,70	34,10	35,50	34,40	4,2	4,2	4,2	3,6	3,3	3,1
Υπόλοιπη Ε.Ε..	19,70	21,40	20,30	18,50	9,1	5,4	5,7	5,0	6,0	7,1
Υπόλοιπος Κόσμος	4,50	3,90	3,70	3,70	3,5	3,9	3,9	3,0	3,5	2,8
Υπόλοιπη Νότια Ασία	9,80	8,70	6,30	5,00	0,8	1,8	1,8	1,8	2,5	1,6
Λατινική Αμερική	12,00	11,30	11,00	10,10	2,8	2,5	2,0	2,3	2,4	2,2
Η.Π.Α.	64,90	64,80	54,70	45,40	13,7	7,4	8,1	6,7	11,3	15,4

Πηγή:GEM-E3

Σε όρους εκπομπών ανά κάτοικο το ENDO σενάριο είναι ένα από το λιγότερο δίκαια σενάρια που εξετάστηκαν. Το Σχήμα 6-4 παρουσιάζει την καμπύλη Lorenz για κάθε ένα σενάριο. Η ευθεία γραμμή απεικονίζει την περίπτωση απόλυτης δικαιοσύνης όπου η αρχική κατανομή δικαιωμάτων συνεπάγεται ίσες εκπομπές ανά κάτοικο για κάθε χώρα. Τα σενάρια μπορούν να καταταχθούν σε τρεις ομάδες: i) στα SMS σενάρια που συνεπάγονται την λιγότερο άνιση κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπών, ii) το ENDO και το PCC100 σενάριο που συνεπάγονται την περισσότερο άνιση κατανομή και iii) το PCC50 σενάριο που βρίσκεται ανάμεσα. Οι συντελεστές GINI αντιστοιχούν στις παραπάνω παρατηρήσεις και διακυμαίνονται μεταξύ 0.4 στο ENDO και 0.27 στο SMS1 σενάριο.

Σχήμα 6-4: Καμπύλη Lorenz και συντελεστές GINI(2030)



Πηγή:GEM-E3

### 6.1.8 Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των διαφορετικών κατανομών δικαιωμάτων εκπομπών παρουσιάζονται παρακάτω:

Στο πλαίσιο της γενικής ισορροπίας οι διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών συνεπάγονται διαφορετικές τιμές των δικαιωμάτων εκπομπών, ιδιαίτερα στις πολύ περιοριστικές περιπτώσεις (κατηγορία σεναρίων 550ppmv). Όσο μεγαλύτερος είναι ο περιβαλλοντικός περιορισμός τόσο μεγαλύτερη σημασία έχει η αρχική κατανομή δικαιωμάτων.

Για να επιτευχθούν οι μειώσεις το κόστος σε όρους ΑΕΠ κυμαίνεται μεταξύ -1.4 και -1.6 τοις εκατό το 2030 για την περίπτωση 650-ppmv και από -4.8 σε -6.2 τοις εκατό για την περίπτωση 550-ppmv.

Τα multi-stage σενάρια και στις δύο περιπτώσεις παρέχουν καλύτερες προοπτικές ευημερίας στις αναπτυσσόμενες χώρες αφού συνεπάγονται μεγαλύτερες εισοδηματικές μεταβιβάσεις.

Εκτός από το ENDO σενάριο, η περίπτωση των μεγάλων εξαγωγέων ενέργειας δεν έχει συμπεριληφθεί στο σχεδιασμό των σεναρίων και σαν συνέπεια οι χώρες αυτές παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες ευημερίας σε όλα τα σενάρια. Αυτές είναι κυρίως χαμηλού προς μέσου εισοδήματος χώρες (συνήθως με υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου) τα χαρακτηριστικά των οποίων πρέπει να συμπεριληφθούν σε ένα σχέδιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το κυρίαρχο αναδιανεμητικό στοιχείο στα σενάρια είναι οι ευκαιρίες που προσφέρουν για εισοδηματικές μεταβιβάσεις υπό την μορφή καθαρών αγορών/πωλήσεων των δικαιωμάτων εκπομπών.

## **6.2 Αξιολόγηση πολιτικών μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος των 2 βαθμών κελσίου**

Το 2007 στο συνέδριο του UNFCC στο Μπαλί συμφωνήθηκε ότι η ασφαλής αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης είναι 2 βαθμοί κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα έως το 2100. Προς αυτή την κατεύθυνση τον Μάρτιο του 2007 η Ε.Ε. δεσμεύτηκε να μειώσει τα αέρια του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ή 30% σε περίπτωση που επιτευχθεί διεθνής συμφωνία μείωσης των εκπομπών. Τα αποτελέσματα των σεναρίων που παρουσιάζονται εδώ έχουν συνεισφέρει στην μελέτη της Ε.Ε. 'Limiting Global Change to 2° Celsius the way ahead to 2020 and beyond' (2007) . Η μελέτη έχει δομηθεί σε τρία μέρη: στο πρώτο μέρος γίνεται αναφορά στις υποθέσεις των σεναρίων που εξετάστηκαν, στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της μελέτης.

### **6.2.1 Σενάρια μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.**

Η υλοποίηση ενός παγκόσμιου στόχου μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο υπόδειγμα GEM-E3 προϋποθέτει αφενός τον προσδιορισμό του στόχου σε παγκόσμιο επίπεδο και αφετέρου την κατανομή του στόχου μεταξύ των διαφορετικών χωρών. Ο παγκόσμιος στόχος αφορά σε μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 30% έως το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Το επίπεδο αυτό δίνει 50% πιθανότητα να περιοριστεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης στο 2% σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Οι στόχοι ανά χώρα κατανεμήθηκαν ανάλογα με το στάδιο

ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται η καθεμία. Έτσι η αγορά δικαιωμάτων εκπομπών μεγαλώνει σταδιακά από το 2015 και γίνεται παγκόσμια έως το 2050. Οι χώρες του παγκόσμιου υποδείγματος GEM-E3 ταξινομήθηκαν στις τρεις ακόλουθες ομάδες:

- Ομάδα 1 (**Annex I**): Στην ομάδα αυτή συγκαταλέγονται οι χώρες που περιγράφονται στο παράρτημα I του πρωτόκολλου του Κιότο. Στην ονοματολογία του **GEM-E3** αυτές είναι οι: Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία (**AUZ**), Ιαπωνία (**JPN**), Καναδάς (**CAN**), ΗΠΑ, Ε.Ε.27, Υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης (**OEU**), και πρώην Σοβιετική Ένωση (**FSU**).
- Ομάδα 2 (γρήγορα αναπτυσσόμενες οικονομίες): Μεξικό και Βενεζουέλα (**MEV**), Νότιες και ανατολικές χώρες της μεσογείου (**MED**), Μέση Ανατολή (**MEA**), Νοτιοανατολική Ασία (**EAS**). Οι χώρες αυτές συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από το **2020** και μετά.
- Ομάδα 3 (υπόλοιπος κόσμος): Βραζιλία (**BRA**), Υπόλοιπη Λατινική Αμερική (**LAM**), Ινδία (**IND**), Κίνα (**CHN**), Υπόλοιπη Ασία (**RAS**) και Νότια Αφρική (**SAFR**). Οι χώρες αυτές συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από το **2030** και μετά

Οι χώρες της μέσης Αφρικής δεν συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών και επομένως δεν συγκαταλέγονται σε καμία ομάδα.

Αυτές οι τρεις ομάδες ξεκινούν την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών τους σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Το ποσοστό μείωσης και η χρονική περίοδος συμμετοχής κάθε χώρας είναι.

- **2010**. Μόνο οι χώρες της πρώτης ομάδας έχουν στόχους μείωσης εκπομπών οι οποίοι καθορίζονται σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο. Εξαιρούνται οι ΗΠΑ για τις οποίες υποθέτουμε 1% αύξηση ετησίως της ενεργειακής αποδοτικότητας.
- **2020**. Από το έτος αυτό και έπειτα αρχίζουν να συμμετέχουν και οι χώρες που ανήκουν στην ομάδα 2. Οι στόχοι είναι:
  - Ø -31% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Ομάδα 1)
  - Ø +21% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 για τις γρήγορα αναπτυσσόμενες οικονομίες (Ομάδα 2)

- **2025.**
  - Ø -34% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** (Ομάδα 1)
  - Ø +20% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** για τις γρήγορα αναπτυσσόμενες οικονομίες (Ομάδα 2)
- **2030.** Από το έτος αυτό και έπειτα αρχίζουν να συμμετέχουν και οι χώρες που ανήκουν στην ομάδα 3. Οι στόχοι είναι:
  - Ø -55% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** (Ομάδα 1)
  - Ø +3% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** για τις γρήγορα αναπτυσσόμενες οικονομίες (Ομάδα 2)
  - Ø +135% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** για τον υπόλοιπο κόσμο (Ομάδα 3)
- **2050.** Οι τρεις ομάδες αναλαμβάνουν σημαντικές μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι μειώσεις αυτές, σε παγκόσμιο επίπεδο, αντιστοιχούν σε επίπεδα **30%** χαμηλότερα από τα επίπεδα του **1990**.
  - Ø -75% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** (Ομάδα 1)
  - Ø -43% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** (Ομάδα 2)
  - Ø +94% σε σχέση με τα επίπεδα του **1990** (Ομάδα 3)

Η ομάδα 3 αν και έχει στόχους υψηλότερων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το 1990, σε σχέση με το σενάριο αναφοράς τα επίπεδα αυτών των εκπομπών συνεπάγονται μειώσεις της τάξης του 12% το 2030 και 50% το 2050. Ο Πίνακας 6-8 συνοψίζει τις διάφορες υποθέσεις σχετικά με την χρονική περίοδο συμμετοχής και μείωσης των εκπομπών για κάθε ομάδα.

**Πίνακας 6-8: Περιορισμοί εκπομπών ανά ομάδα και ανά χρονική περίοδο**

Έτος	Σύγκριση με	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3
<b>2010</b>	<b>1990</b>	-6%		
	<b>2001</b>	4%		
<b>2015</b>	<b>1990</b>	-14%		
	<b>2001</b>	-5%		
<b>2020</b>	<b>1990</b>	-31%	21%	
	<b>2001</b>	-24%	2%	
<b>2025</b>	<b>1990</b>	-34%	20%	
	<b>2001</b>	-27%	1%	
<b>2030</b>	<b>1990</b>	-55%	3%	135%
	<b>2001</b>	-51%	-13%	96%
<b>2050</b>	<b>1990</b>	-75%	-43%	94%
	<b>2001</b>	-73%	-52%	62%

Το τελευταίο στάδιο αφορά στην κατανομή των δικαιωμάτων στις χώρες που απαρτίζουν κάθε ομάδα. Η κατανομή αυτή έγινε με βάση τις ιστορικές εκπομπές κάθε χώρας. Συγκεκριμένα για τις χώρες της ομάδας 1 τα δικαιώματα κατανεμήθηκαν με βάση την μέση εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου μεταξύ 1990 και έτους βάσης (2001). Για τις υπόλοιπες δύο ομάδες οι κατανομές βασίστηκαν στις εκπομπές του σεναρίου αναφοράς.

### 6.2.2 Εφαρμογή των σεναρίων σταθεροποίησης της θερμοκρασίας σε 2° C το 2050

Το μέσο πολιτικής που επιλέχθηκε για την υλοποίηση των σεναρίων ήταν το εμπόριο δικαιωμάτων εκπομπών. Διάκριση έγινε μεταξύ των κλάδων ενεργειακής έντασης και των υπολοίπων:

- Οι κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης συμμετέχουν σε παγκόσμιο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS)
- Οι υπόλοιποι κλάδοι συμμετέχουν σε εγχώριο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών που καλύπτει τα νοικοκυριά και τις μη ενεργοβόρες βιομηχανίες.

Η χρήση μηχανισμών καθαρής ανάπτυξης (CDM) είναι εφικτή αλλά περιορίζεται στους κλάδους που συμμετέχουν στο ETS. Οι κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης στο GEM-E3 είναι ο ηλεκτρικός τομέας, τα σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα, ο χημικός τομέας και ο κλάδος της τσιμεντοβιομηχανίας και χαρτιού.

Όσον αφορά στους κανόνες κλεισίματος το υπόδειγμα GEM-E3 ενσωματώνει τρεις εναλλακτικές: i) προκειμένου να μην χρηματοδοτηθεί η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών με επιβάρυνση του δημόσιου προϋπολογισμού προστίθεται ένας περιορισμός στον δημόσιο προϋπολογισμό έτσι ώστε να διατηρείται στα ίδια επίπεδα με το σενάριο αναφοράς (η δυική τιμή του περιορισμού αυτού είναι ένα σύνολο δαπανών/εσόδων που μεταβιβάζονται στα νοικοκυριά), ii) το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών μπορεί είτε να παραμείνει ελεύθερο είτε να παραμείνει σταθερό ως ποσοστό του ΑΕΠ σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (η δυική τιμή του περιορισμού αυτού είναι το επιτόκιο) και iii) επιλογή για την κινητικότητα κεφαλαίου (στο σενάριο αναφοράς ελεύθερη κινητικότητα κεφαλαίου επιτρέπεται μεταξύ των κλάδων εντός της χώρας).



Με βάση τις υποθέσεις των σεναρίων που περιγράφηκαν στο τμήμα 6.2.1 ορίστηκαν τα ακόλουθα σενάρια. Το πρώτο σενάριο προσφέρει μεγάλο βαθμό ευελιξίας διότι από το 2020 οι ομάδες 1 και 2 μπορούν να επωφεληθούν από χαμηλού κόστους δυνατότητες μείωσης στις χώρες της ομάδας 3. Συγκεκριμένα τέσσερις μεγάλες περιοχές της ομάδας 3 (Βραζιλία, Λατινική Αμερική, Νότια Αφρική, Κίνα) συμμετέχουν στο ETS από το 2020 και μετά. Οι οικονομίες αυτές έχουν στόχους μείωσης από το 2030 και έπειτα. Για την περίοδο που οι χώρες που δεν έχουν στόχους αλλά συμμετάσχουν στο ETS έχουν λάβει δικαιώματα εκπομπών ανάλογα με τα επίπεδα εκπομπών του σεναρίου αναφοράς των κλάδων που συμμετέχουν στο ETS.

Τα υπόλοιπα δύο σενάρια που μελετήθηκαν διαφέρουν ως προς την χρονική στιγμή συμμετοχής των διαφορετικών χωρών στο ETS. Τα δύο αυτά σενάρια θεωρούνται ως περιπτώσεις χαμηλής ευελιξίας. Στο ένα σενάριο όλες οι χώρες συμμετέχουν στο ETS μόνο όταν έχουν περιορισμούς στις εκπομπές τους. Αυτό σημαίνει ότι η δυνατότητα των χωρών της ομάδας 1 και 2 να αγοράσουν δικαιώματα εκπομπών από τις χώρες της ομάδας 3 εξαφανίζεται. Αυτό συνεπάγεται υψηλότερο κόστος προσαρμογής για τις χώρες της ομάδας 1 και 2. Από το 2030 και έπειτα οι χώρες της ομάδας 3 συμμετάσχουν στο ETS μέσω των κλάδων υψηλής ενεργειακής έντασης.

Το τρίτο σενάριο είναι ακόμα πιο περιοριστικό για την ομάδα 1, αφού αυτή είναι η μόνη που συμμετάσχει στο ETS την περίοδο 2020-2025. Οι χώρες αυτές δεν έχουν την δυνατότητα υλοποίησης CDM. Όλες οι ομάδες πετυχαίνουν τους στόχους τους μόνο μέσω εγχώριου εμπορίου δικαιωμάτων εκπομπών. Το σενάριο αυτό θεωρείται μη πιθανό και η προσομείωση του γίνεται προκειμένου να αναδειχθούν τα οφέλη που προκύπτουν (όσο αφορά στο συνολικό κόστος προσαρμογής) από ένα διεθνές σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών.

### 6.2.3 Αποτελέσματα σεναρίων

Τα συνοπτικά αποτελέσματα των τριών σεναρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-9. Ο πίνακας αυτός περιέχει για τα έτη 2020 και 2030 την τιμή του δικαιώματος εκπομπών (carbon price), την επίπτωση στην ευημερία και την μεταβολή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για τις πιο σημαντικές περιοχές: ΗΠΑ, ΕΕ27, Κίνα, Ινδία και Βραζιλία (αναλυτικά αποτελέσματα παρατίθενται στα υπόλοιπα τμήματα του κεφαλαίου αυτού).

Όσον αφορά στο σενάριο 1 οι στόχοι μείωσης για το 2020 είναι σημαντικοί και συνεχίζουν να αυξάνουν έως και το 2030. Αυτό μεταφράζεται σε διπλασιασμό της τιμής του δικαιώματος εκπομπών από 40.9 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq το 2020 σε 83.4 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq. Η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχει αρνητική επίπτωση στην ευημερία των ΗΠΑ και της Ε.Ε.. Οι απώλειες ευημερίας των χωρών αυτών είναι 1%, 2% το 2020 και 4%, 6% το 2030 αντίστοιχα. Η κατανομή της προσπάθειας είναι τέτοια που το 2020 η Κίνα παρουσιάζει αύξηση της ευημερίας της σε σχέση με το σενάριο αναφοράς κατά 0,3%. Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει κυρίως από τα έσοδα πώλησης δικαιωμάτων εκπομπών στις χώρες που ανήκουν στις ομάδες 1 και 2. Η Βραζιλία γίνεται επίσης πωλητής δικαιωμάτων εκπομπών αλλά σε πολύ χαμηλότερο βαθμό. Η Κίνα δεν έχει στόχο μείωσης εκπομπών για την περίοδο αυτή αλλά μειώνει τις εκπομπές της κατά 30% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Το 2030 η Κίνα έχει στόχο (12%) και μειώνει τις εκπομπές τις κατά 33% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η μείωση στην ευημερία της Κίνας το 2030 κατά 0,9% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς προκύπτει τόσο από την εγχώρια προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όσο και από την πτώση της παγκόσμιας δραστηριότητας (μείωση της ζήτησης για τα προϊόντα της).

Πίνακας 6-9: Συνοπτικά αποτελέσματα σεναρίων επίτευξης του στόχου των 2° C

	Σενάριο 1				Σενάριο 2				Σενάριο 3			
	2020		2030		2020		2030		2020		2030	
	Economic Welfare	GHG Emissions	Economic Welfare	GHG Emissions	Economic Welfare	GHG Emissions	Economic Welfare	GHG Emissions	Economic Welfare	GHG Emissions	Economic Welfare	GHG Emissions
USA	-1.37%	-39.5%	-3.4%	-52.1%	-1.41%	-46.6%	-3.4%	-52.1%	-1.43%	-47.4%	-3.6%	-61.7%
EU27	-2.34%	-28.1%	-5.7%	-41.6%	-2.38%	-33.6%	-5.8%	-41.6%	-2.42%	-34.4%	-6.0%	-50.3%
Brazil	-0.3%	-4.8%	-1.5%	-15.0%	-0.3%	3.6%	-1.5%	-15.0%	-0.3%	3.6%	-1.4%	-12.3%
India	-0.9%	0.5%	-1.6%	-23.3%	-0.7%	0.7%	-1.6%	-23.3%	-0.8%	0.6%	-2.4%	-12.3%
China	0.3%	-29.5%	-0.8%	-32.8%	-0.8%	1.8%	-0.8%	-32.7%	-0.8%	1.6%	-2.1%	-12.3%
World inequality aversion=0	-1.2%	-25.9%	-3.4%	-37.2%	-1.3%	-23.6%	-3.4%	-37.2%	-1.3%	-23.6%	-3.6%	-37.2%
World inequality aversion=1	-0.4%		-1.4%		-0.5%		-1.4%		-0.5%		-1.5%	
GHG permit price (US\$2001/ton CO2eq)		40.9		83.4		73.5		83.3		73.6		96.4

Πηγή:GEM-E3

Οι επιπτώσεις για τις υπόλοιπες χώρες είναι ουδέτερες, ενώ επωφελούνται από την επίπτωση στην δραστηριότητα των χωρών του Annex I χάνουν από την γρήγορη συμμετοχή τους στο διεθνές σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων (ETS).

Στο σενάριο 2, όπου υπάρχει περιορισμένη ευελιξία σχετικά με το ETS, η τιμή του δικαιώματος εκπομπών αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με το σενάριο 1, σχεδόν διπλασιάζεται, και φτάνει τα 73.5 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq. Η μη συμμετοχή ορισμένων αναπτυσσόμενων χωρών από το 2020 και έπειτα εντείνει τις αρνητικές επιπτώσεις στην ευημερία των χωρών της ομάδας 1. Τα επίπεδα ευημερίας για την Βραζιλία και την Ινδία παραμένουν στα ίδια επίπεδα με το σενάριο 1 ενώ η ευημερία της Κίνας μειώνεται τόσο σε σχέση με το σενάριο 1 όσο και σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η απώλεια της ευημερίας της Κίνας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη εσόδων από πώληση δικαιωμάτων εκπομπών. Τα οφέλη από την γρήγορη συμμετοχή (σενάριο 1) είναι εμφανή στα αποτελέσματα μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Στο σενάριο 1 οι εκπομπές μειώνονται κατά 25,9% το 2030 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και 23,6% το 2030 στο σενάριο 2. Στο σενάριο 3 όπου το ETS περιορίζεται εντός των πλαισίων κάθε χώρας η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών φτάνει τα 93.6 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq το 2030. Οι απώλειες ευημερίας των χωρών της ομάδας 1 είναι οι μεγαλύτερες από όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν.

#### 6.2.4 Σενάριο 1: γρήγορη συμμετοχή στο ETS

Ο Πίνακας 6-10 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του σεναρίου 1 για όλες τις χώρες συμπεριλαμβανομένων των στόχων μείωσης και της επίπτωσης στο ΑΕΠ. Στο σενάριο αυτό οι κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης της Κίνας, της Νότιας Αφρικής και της Λατινικής Αμερικής συμμετέχουν στο ETS από το 2020. Η Κίνα είναι η χώρα που συνεισφέρει κυρίως στο ETS με μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 30% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η ΗΠΑ, η Αυστραλία-Νέα Ζηλανδία και η Ε.Ε. επωφελούνται επίσης από την συμμετοχή τους στο ETS: οι εκπομπές τους μειώνονται 10% σε σχέση με τους στόχους που είχαν. Το 2030 η Κίνα, η Ινδία και η Νότια Αφρική είναι οι κύριοι πωλητές δικαιωμάτων εκπομπών.

Όσον αφορά στο ΑΕΠ η Ε.Ε. το 2020 σημειώνει μείωση κατά 2.1% και 5% το 2030 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (μείωση 0,14% και 0,21% σε ετήσια βάση αντίστοιχα). Οι αντίστοιχες μειώσεις σε ετήσια βάση για την παγκόσμια οικονομία είναι 0,11% και 0,17%.

**Πίνακας 6-10: Σενάριο 1 - διεθνής συμμετοχή στο ETS (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς)**

		2020				2030			
		GHG Emissions		welfare	GDP	GHG Emissions		welfare	GDP
		target	scenario			target	scenario		
Group 1 (Annex I)	USA	-50%	-40%	-1.4%	-1.9%	-64%	-52%	-3.4%	-4.5%
	Canada	-46%	-36%	-2.5%	-2.8%	-61%	-50%	-6.0%	-7.0%
	EU27	-37%	-28%	-2.3%	-2.1%	-52%	-42%	-5.7%	-5.0%
	Other European countries	-25%	-22%	-1.2%	-1.1%	-46%	-41%	-2.9%	-3.4%
	Former Soviet Union	-38%	-38%	-3.3%	-4.5%	-53%	-49%	-7.7%	-10.3%
	Australia & New Zealand	-33%	-26%	0.1%	-1.4%	-51%	-40%	-0.9%	-4.5%
	Japan	-37%	-28%	-1.0%	-1.1%	-54%	-42%	-3.0%	-3.1%
Group 2	Mexico & Venezuela	-23%	-18%	-1.6%	-1.0%	-45%	-34%	-5.1%	-3.7%
	South & East Mediterranean	-23%	-22%	-1.1%	-1.7%	-45%	-35%	-4.2%	-5.7%
	Middle East	-23%	-22%	-1.2%	-1.8%	-45%	-39%	-4.6%	-5.3%
	East South East Asia	-23%	-21%	-0.7%	-1.1%	-45%	-36%	-2.3%	-3.4%
Group 3	Brazil	0%	-5%	-0.3%	-0.6%	-12%	-15%	-1.5%	-2.2%
	Rest of Latin America	0%	-3%	-0.3%	-0.6%	-12%	-13%	-1.4%	-2.2%
	China	0%	-30%	0.3%	-0.5%	-12%	-33%	-0.8%	-2.5%
	South Africa	0%	-5%	0.7%	-0.3%	-12%	-23%	1.5%	-1.0%
	India	0%	0%	-0.9%	-1.0%	-12%	-23%	-1.6%	-2.4%
	Rest of Asia	0%	1%	-0.3%	-0.5%	-12%	-14%	-1.2%	-1.9%
	Middle Africa	0%	2%	-0.8%	-0.6%	0%	6%	-2.0%	-2.5%
	World (inequality aversion=0)	-24%	-26%	-1.2%	-1.7%	-37%	-37%	-3.4%	-4.2%
	World (inequality aversion=1)				-0.4%				-1.4%
	GHG permit price US\$2001/tCO <sub>2</sub> eq	41				83			

Πηγή: GEM-E3

Αν η Ινδία συμμετείχε θα επωφελούταν τόσο η ίδια όσο και ο υπόλοιπος κόσμος (η τιμή του δικαιώματος εκπομπών θα μειωνόταν). Τα οφέλη της Ινδίας θα ήταν σε βάρος της Κίνας η οποία θα έπρεπε να μοιραστεί την πώληση των δικαιωμάτων εκπομπών με την Ινδία.

**6.2.5 Σενάριο 2: συμμετοχή μόνο όταν υπάρχει στόχος περιορισμού εκπομπών**  
 Η μη συμμετοχή της Κίνας και της Βραζιλίας στο ETS το 2020 αυξάνει το οριακό κόστος μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Η τιμή του δικαιώματος εκπομπών είναι υψηλότερη από το σενάριο 1 λόγω των υψηλότερων περιορισμών μείωσης των εκπομπών. Όσον αφορά στο ΑΕΠ, η μεταβολή από το σενάριο αναφοράς κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με το σενάριο 1. Η βασική διαφορά με το σενάριο 1 είναι ότι το 2020 η πρώην σοβιετική ένωση γίνεται πωλητής δικαιωμάτων στις χώρες που ανήκουν στις ομάδες 1 και 2 αντικαθιστώντας την Κίνα. Η ευημερία αλλά και το ΑΕΠ των χωρών που ανήκουν στην ομάδα 1 βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι στο σενάριο 1. Αντίθετα η πρώην σοβιετική ένωση βρίσκεται

σε καλύτερη θέση εξαιτίας των εσόδων από την πώληση των δικαιωμάτων εκπομπών στο ETS.

Η τιμή του δικαιώματος φτάνει τα 73.5US\$ το 2020 και αυξάνει στα 83 US\$ το 2030. Η συμμετοχή της Κίνας και της Ινδίας (χωρών με υψηλά επίπεδα εκπομπών και χαμηλούς στόχους περιορισμού) το 2030 είναι ο λόγος που η τιμή του δικαιώματος δεν αυξάνει αναλογικά με τον στόχο μείωσης των εκπομπών το 2030.

**Πίνακας 6-11: Σενάριο 2 - Συμμετοχή στο ETS όταν υπάρχουν στόχοι (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς)**

		2020				2030			
		GHG Emissions		welfare	GDP	GHG Emissions		welfare	GDP
		target	scenario			target	scenario		
Group 1 (Annex I)	USA	-50%	-47%	-1.4%	-2.1%	-64%	-52%	-3.4%	-4.6%
	Canada	-46%	-42%	-2.6%	-2.9%	-61%	-50%	-6.0%	-7.1%
	EU27	-37%	-34%	-2.4%	-2.2%	-52%	-42%	-5.8%	-5.1%
	Other European countries	-25%	-23%	-1.4%	-1.1%	-46%	-41%	-3.0%	-3.4%
	Former Soviet Union	-38%	-46%	-2.0%	-3.4%	-53%	-49%	-7.9%	-10.4%
	Australia & New Zealand	-33%	-32%	0.1%	-1.5%	-51%	-40%	-1.0%	-4.6%
	Japan	-37%	-34%	-1.0%	-1.1%	-54%	-42%	-3.0%	-3.1%
Group 2	Mexico & Venezuela	-23%	-22%	-1.6%	-1.0%	-45%	-34%	-5.1%	-3.7%
	South & East Mediterranean	-23%	-28%	-0.9%	-1.7%	-45%	-35%	-4.4%	-5.8%
	Middle East	-23%	-27%	-1.2%	-2.0%	-45%	-39%	-4.7%	-5.5%
	East South East Asia	-23%	-27%	-0.5%	-1.1%	-45%	-36%	-2.4%	-3.5%
Group 3	Brazil	0%	4%	-0.3%	-0.2%	-12%	-15%	-1.5%	-2.2%
	Rest of Latin America	0%	2%	-0.4%	-0.5%	-12%	-13%	-1.4%	-2.2%
	China	0%	2%	-0.8%	-0.8%	-12%	-33%	-0.8%	-2.3%
	South Africa	0%	2%	-0.2%	-0.6%	-12%	-23%	1.6%	-0.8%
	India	0%	1%	-0.7%	-0.9%	-12%	-23%	-1.6%	-2.4%
	Rest of Asia	0%	1%	-0.3%	-0.4%	-12%	-14%	-1.3%	-1.9%
	Middle Africa	0%	2%	-0.7%	-0.5%	0%	6%	-2.0%	-2.5%
	World (inequality aversion=0)	-24%	-24%	-1.3%	-1.7%	-37%	-37%	-3.4%	-4.3%
	World (inequality aversion=1)				-0,5%				-1.4%
	GHG permit price US\$2001/tCO2eq	74				83			

Πηγή:GEM-E3

## 6.2.6 Σενάριο 3: συμμετοχή στο ETS μόνο Annex I

Στο σενάριο αυτό μόνο οι χώρες που συγκαταλέγονται στην ομάδα 1 συμμετέχουν στο ETS. Αυτό περιορίζει σημαντικά τα οφέλη που προκύπτουν από χαμηλού κόστους μειώσεις σε χώρες όπως η Κίνα και οι χώρες της ομάδας 2. Για το 2020 τα αποτελέσματα είναι κοντά σε αυτά του σεναρίου 2 (οι μικρές διαφορές που υπάρχουν οφείλονται στην μη συμμετοχή στο ETS των χωρών της ομάδας 2). Το 2030 όμως το κόστος προσαρμογής όπως αυτό καταγράφεται τόσο στην τιμή των δικαιωμάτων όσο και στο ΑΕΠ και την ευημερία είναι αρκετά υψηλότερο από το σενάριο 2. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η περιορισμένη συμμετοχή στο ETS είναι λιγότερο αποδοτική από άποψη κόστους. Ενώ το 2030 όλες οι χώρες της ομάδας 1 βρίσκονται σε χειρότερη θέση σε σχέση με το σενάριο 1, η πρώην σοβιετική ένωση είναι σε καλύτερη θέση αφού γίνεται πωλητής δικαιωμάτων στις χώρες του Annex I.

**Πίνακας 6-12: Σενάριο 3 - Annex I στο ETS (% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς)**

		2020				2030			
		GHG Emissions		welfare	GDP	GHG Emissions		welfare	GDP
		target	scenario			target	scenario		
Group 1 (Annex I)	USA	-50%	-47%	-1.4%	-2.1%	-64%	-62%	-3.6%	-4.9%
	Canada	-46%	-43%	-2.6%	-3.0%	-61%	-59%	-6.4%	-7.5%
	EU27	-37%	-34%	-2.4%	-2.2%	-52%	-50%	-6.0%	-5.4%
	Other European countries	-25%	-24%	-1.4%	-1.1%	-46%	-44%	-3.2%	-3.5%
	Former Soviet Union	-38%	-47%	-1.6%	-3.1%	-53%	-61%	-5.0%	-8.9%
	Australia & New Zealand	-33%	-33%	0.1%	-1.5%	-51%	-50%	-0.9%	-5.1%
	Japan	-37%	-35%	-1.0%	-1.1%	-54%	-51%	-3.0%	-3.2%
Group 2	Mexico & Venezuela	-23%	-23%	-1.6%	-1.0%	-45%	-45%	-5.5%	-4.1%
	South & East Mediterranean	-23%	-23%	-1.1%	-1.6%	-45%	-45%	-4.8%	-6.5%
	Middle East	-23%	-23%	-1.3%	-1.9%	-45%	-45%	-4.9%	-5.8%
	East South East Asia	-23%	-23%	-0.6%	-1.1%	-45%	-45%	-2.4%	-3.9%
Group 3	Brazil	0%	4%	-0.3%	-0.3%	-12%	-12%	-1.4%	-1.9%
	Rest of Latin America	0%	2%	-0.4%	-0.5%	-12%	-12%	-1.3%	-2.0%
	China	0%	2%	-0.8%	-0.8%	-12%	-12%	-2.1%	-2.7%
	South Africa	0%	2%	-0.2%	-0.6%	-12%	-12%	0.2%	-1.4%
	India	0%	1%	-0.8%	-0.9%	-12%	-12%	-2.4%	-2.7%
	Rest of Asia	0%	1%	-0.3%	-0.5%	-12%	-12%	-1.3%	-1.8%
	Middle Africa		2%	-0.7%	-0.5%		6%	-1.8%	-2.3%
	World (inequality aversion=0)	-24%	-24%	-1.3%	-1.8%	-37%	-37%	-3.6%	-4.5%
World (inequality aversion=1)				-0.5%				-1.5%	
GHG permit price US\$2001/tCO <sub>2</sub> e <sub>q</sub>		74				96			

Πηγή: GEM-E3

Σε κλαδικό επίπεδο ο περιορισμός της αγοράς του ETS αυξάνει σημαντικά το κόστος προσαρμογής των επιχειρήσεων και ιδιαίτερα αυτών που είναι υψηλής ενεργειακής έντασης. Σε όρους ανταγωνιστικότητας οι επιχειρήσεις των χωρών του Annex I βρίσκονται

σε χειρότερη θέση σε σχέση με τις επιχειρήσεις των υπόλοιπων χωρών οι οποίες έχουν χαμηλότερους στόχους.

### 6.2.7 Συμπεράσματα

Στο τμήμα αυτό της διατριβής εξετάστηκαν οι επιπτώσεις από τρία διαφορετικά σενάρια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των 2°C βαθμών κελσίου. Η ανάλυση βασίστηκε στο εφαρμοσμένο υπόδειγμα γενικής ισορροπίας GEM-E3-World και αφορούσε στην μακροοικονομική προσαρμογή των χωρών που συμμετείχαν στην προσπάθεια μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

Όταν όλες οι χώρες συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου η τιμή του δικαιώματος εκπομπών εκτιμάται στα 40 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq. Το κόστος αυτό διπλασιάζεται στην περίπτωση που υπάρχει μικρότερη ευελιξία (μικρότερος αριθμός χωρών που συμμετέχουν στον μηχανισμό εμπορίας εκπομπών). Συγκεκριμένα στην περίπτωση που οι Annex – I χώρες δεν μπορούν να αγοράσουν δικαιώματα από τις αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχει διπλό κόστος: από την μία οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν μπορούν να επωφεληθούν από την πώληση δικαιωμάτων και από την άλλη οι αναπτυγμένες χώρες δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τις χαμηλού κόστους δυνατότητες μείωσης. Αυτό έχει αρνητική επίπτωση τόσο στο μακροοικονομικό κόστος προσαρμογής όσο και στην ευημερία.

Η τιμή του δικαιώματος το 2030 εκτιμάται στο σενάριο 1 ότι θα είναι 83 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq. Το ΑΕΠ σε παγκόσμιο επίπεδο θα μειωθεί κατά 0,11% το 2020 και 0,17% το 2030 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Για την Ε.Ε. οι επιπτώσεις αυτές εκτιμώνται σε 0,14% και 0,11% αντίστοιχα. Συγκρίνοντας όλα τα σενάρια που εξεταστήκαν προκύπτει ότι είναι προς το συμφέρον όλων των χωρών να συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αρκεί να ληφθεί υπόψη στην κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπών το στάδιο της ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται η κάθε περιοχή. Σε περίπτωση που μόνο οι αναπτυγμένες χώρες αποφασίσουν να συμμετάσχουν στην προσπάθεια καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου το κόστος για την παγκόσμια οικονομία θα είναι υψηλότερο από όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, γιατί η επιβράδυνση των οικονομικά ανεπτυγμένων χωρών θα έχει άμεσο αρνητικό αντίκτυπο, μέσω του διεθνούς εμπορίου, στις οικονομικά ασθενέστερες χώρες. Θα μπορούσε να υποστηριχτεί ότι σε



περίπτωση μη συμμετοχής των αναπτυσσόμενων οικονομιών θα μπορούσαν να προκύψουν ανταγωνιστικά οφέλη στις οικονομίες αυτές (αύξηση του μεριδίου τους στις αγορές προϊόντων υψηλής ενεργειακής έντασης). Τα οφέλη αυτά δεν θα επαρκούσαν για να αντισταθμίσουν τις αρνητικές επιπτώσεις από την αύξηση των τιμών σε προϊόντα υψηλής έντασης κεφαλαίου που εισάγονται από τις ανεπτυγμένες χώρες (δεδομένου του όγκου των προϊόντων υψηλής κεφαλαιουχικής έντασης και καινοτομίας που παράγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες).

### **6.3 Προσαρμογή δασμών για την προστασία των κλάδων ενεργειακής έντασης**

Ο αντίκτυπος στην ανταγωνιστικότητα των βιομηχανιών της Ε.Ε. σε περίπτωση που αυτή αποφασίσει μονομερώς να μειώσει τα αέρια του θερμοκηπίου διαφοροποιείται ανάλογα με τον βαθμό κατανάλωσης ενέργειας (ένταση ενέργειας), την εξάρτηση από ρυπογόνες εισροές και από την έκθεση τους στο εξωτερικό εμπόριο. Στο σύστημα εμπορίας εκπομπών (ETS) της Ε.Ε. τόσο οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού όσο και οι εταιρίες υψηλής ενεργειακής έντασης αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, παρά τις ξεκάθαρες δομικές διαφορές των δύο αυτών κλάδων σχετικά με την μεταβίβαση του κόστους και την έκθεση τους στον διεθνή ανταγωνισμό.

Οι ενεργοβόρες βιομηχανίες υποστηρίζουν ότι το κόστος παραγωγής τους θα αυξηθεί τόσο από την αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος όσο και από την προσπάθεια που οι ίδιες θα καταβάλουν για να μειώσουν τις εκπομπές τους. Τα υψηλότερα αυτά κόστη δεν θα μπορέσουν να περάσουν στους τελικούς καταναλωτές (windfall profits) με αποτέλεσμα πολλές από αυτές τις βιομηχανίες να χρειαστεί να μειώσουν δραστικά την παραγωγή τους. Οι Asselt και Bierman (2007) προτείνουν μία σειρά από μέτρα που μπορεί να λάβει η Ε.Ε. προκειμένου να προστατέψει την ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας της, αυτά συνοψίζονται στα εξής: i) μη συμμετοχή της βιομηχανίας στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών, ii) προσαρμογή των εξωτερικών δασμών και εφαρμογή επιδοτήσεων (Border Tax Adjustment – στο εξής ΒΤΑ), iii) παροχή κινήτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Οι Ismer και Neuhoff (2007) υποστηρίζουν ότι το δεύτερο μέτρο είναι το πιο ρεαλιστικό να εφαρμοστεί και δεν αντιβαίνει με τους όρους του διεθνούς εμπορίου όπως έχουν τεθεί από τον παγκόσμιο οργανισμό εμπορίου. Το μέτρο αυτό συνίσταται στην εφαρμογή δασμών

(border taxes) σε ανταγωνιστικά προϊόντα (υψηλής ενεργειακής έντασης) της βιομηχανίας της Ε.Ε. και την χρήση των εσόδων αυτών για επιδότηση της βιομηχανίας. Στην περίπτωση όπου τα δικαιώματα εκπομπών κατανέμονται μέσω δημοπρασίας (όχι grandfathering) η εφαρμογή του ΒΤΑ μέτρου θα έχει νομική βάση αφού οι επιχειρήσεις θα υπόκεινται σε άμεσα κόστη που θα προκύπτουν από την αγορά των δικαιωμάτων εκπομπών. Τα βασικά μειονεκτήματα του μέτρου αυτού αφορούν στην δυσκολία ποσοτικοποίησης του ακριβή βαθμού του ενεργειακού περιεχομένου των παραγόμενων προϊόντων (κυρίως των εισαγόμενων αφού δεν θα υπάρχει κίνητρο από τις χώρες που εξάγουν στην Ε.Ε. να είναι αντικειμενικές) και στο ενδεχόμενο επιβολής ανταπαντητικών μέτρων.

Η διατριβή συνεισφέρει στην έρευνα περί εφαρμογής του μέτρου ΒΤΑ αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα του όσον αφορά την προστασία της ανταγωνιστικότητας της βιομηχανίας. Για να επιτευχθεί αυτό εξετάζονται οι επιπτώσεις από την εφαρμογή του μέτρου ΒΤΑ στην οικονομία της Ε.Ε.. Τα σενάρια που υλοποιούνται αφορούν διαφορετικούς τρόπους προσφοράς των δικαιωμάτων εκπομπών (auctioning, grandfathering) και διαφορετικούς τρόπους ανακύκλωσης στην οικονομία των εσόδων που προκύπτουν από την πώληση των δικαιωμάτων εκπομπών. Το GEM-E3 έχει τροποποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε το ΒΤΑ να υπολογίζεται ενδογενώς. Ο περιορισμός που έχει εισαχθεί στο υπόδειγμα εξασφαλίζει ότι οι όροι εμπορίου της βιομηχανίας της Ε.Ε. (λόγος τιμών εισαγωγών προς λόγο τιμών εξαγωγών) παραμένουν όπως στο σενάριο αναφοράς. Η δυική τιμή του περιορισμού αυτού είναι το επίπεδο των δασμών/επιδότησεων που εφαρμόζονται στις εισαγωγές/βιομηχανία αντίστοιχα. Η αποτελεσματικότητα του μέτρου αξιολογείται με βάση τις επιδόσεις του στην διαμόρφωση της τιμής του δικαιώματος, στην οικονομική προσαρμογή της Ε.Ε., στην μεταβολή της ευημερίας και στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο (π.χ. μείωση του carbon leakage)

Στο πρώτο μέρος της ενότητας αυτής παρουσιάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των βιομηχανιών υψηλής ενεργειακής έντασης στην Ε.Ε. όσον αφορά στην συνεισφορά τους στο ΑΕΠ και στην έκθεση τους στο εξωτερικό εμπόριο. Το δεύτερο μέρος περιγράφει την μεθοδολογία που εφαρμόστηκε προκειμένου να υπολογιστούν ενδογενώς οι επιδοτήσεις και δασμοί του μέτρου ΒΤΑ σενάριο και αναλύει τα αποτελέσματα του σεναρίου.

### 6.3.1 Κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης

Ο Πίνακας 6-13 παρουσιάζει την συμμετοχή της ενεργοβόρου βιομηχανίας στο ΑΕΠ της Ε.Ε. (αποτυπώνοντας έτσι την συνολική σημασία του κλάδου στην οικονομική δομή της Ε.Ε.) και το μερίδιο εξαγωγών προς το σύνολο της παραγωγής της (αποτυπώνοντας έτσι την ευαισθησία της βιομηχανίας στις διακυμάνσεις των όρων εμπορίου). Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα μερίδια αποτελούν μόνο μία προσέγγιση της σημασίας της βιομηχανίας (ένας πιο αντικειμενικός δείκτης θα περιλάμβανε τις διακλαδικές συνδέσεις της βιομηχανίας (π.χ. ζήτηση για ενδιάμεσες εισροές, μερίδιο της προστιθέμενης αξίας στον σύνολο της παραγωγής)). Το υπόδειγμα GEM-E3 με το να ενσωματώνει όλες τις αγορές και το σύνολο των θεσμικών τομέων είναι ικανό να συλλάβει αυτές τις διακλαδικές συνδέσεις οι οποίες τελικά αποτυπώνονται στον υπολογισμό των τιμών ισορροπίας.

**Πίνακας 6-13: Μερίδιο των ενεργοβόρων βιομηχανιών στο ΑΕΠ της Ε.Ε.27 και έκθεση στις παγκόσμιες αγορές (2005)**

Κλάδος	Παραγωγή		% μερίδιο στο ΑΕΠ
	% εγχώρια αγορά.	% εξαγωγές.	
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	92.5	7.5	2.3
Χημεία και πλαστικά	83.3	16.7	3.1
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	91.9	8.1	2.9

Πηγή: GEM-E3-World

Στο GEM-E3 τα εισαγόμενα και τα εγχωρίως παραγόμενα αγαθά θεωρούνται ατελή υποκατάστατα (η ελαστικότητα *armington* κυμαίνεται ανάλογα με τον κλάδο από 0,6 έως 1,5). Επομένως μια αλλαγή της τιμής των εισαγόμενων αγαθών αποτυπώνεται μόνο μερικώς στην προσαρμογή της εγχώριας ζήτησης. Ο Πίνακας 6-14 παρέχει τα μερίδια (εισαγωγές και εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα) του σύνθετου αγαθού προσδιορίζοντας έτσι τον εξωτερικό ανταγωνισμό της βιομηχανίας. Οι αριθμοί αυτοί δείχνουν ότι η χημική βιομηχανία είναι η πιο ευάλωτη σε αυξήσεις του κόστους παραγωγής της αφού είναι εκτεθειμένη σε υψηλό ανταγωνισμό (τόσο στην αγορά της Ε.Ε. όσο και εκτός).

**Πίνακας 6-14: Συστατικά του σύνθετου αγαθού (2005)**

Κλάδος	Σύνθετο αγαθό	
	% αγορά Ε.Ε.	% εισαγωγές
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	91	9
Χημεία και πλαστικά	89	11
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	94	6

Πηγή: GEM-E3-World

Η κεντρική ιδέα του μέτρου ΒΤΑ είναι η εφαρμογή ενός δασμού στις εισαγωγές της Ε.Ε. από τον υπόλοιπο κόσμο (προστασία της εγχώριας αγοράς) ίσου με το κόστος που οι ενεργοβόρες βιομηχανίες επωμίζονται λόγω της προσπάθειας της Ε.Ε. να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Παράλληλα οι ενεργοβόρες βιομηχανίες επιδοτούνται προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες ανταγωνιστικότητας που προκύπτουν από την αύξηση του κόστους παραγωγής τους (προστασία στις διεθνείς αγορές).

Ο υπολογισμός αυτών των δημοσιονομικού χαρακτήρα παρεμβάσεων δεν είναι απλός δεδομένων των έμμεσων επιπτώσεων στο κόστος παραγωγής (π.χ., το κόστος παραγωγής δεν αυξάνει μόνο από την επιβολή ενός φόρου άνθρακα αλλά και από τις υψηλότερες τιμές των αγαθών που χρησιμοποιούνται στη ενδιάμεση κατανάλωση των επιχειρήσεων αλλά και από τις δευτερογενείς επιπτώσεις στην τελική ζήτηση).

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος υπολογισμού του δασμού αυτού αφορά στην μέτρηση του ενεργειακού περιεχομένου (carbon content) των εισαγόμενων αγαθών. Η μεθοδολογία αυτή όμως προϋποθέτει είτε την γνώση όλων των διαδικασιών/τεχνολογιών που αφορούν στην παραγωγή του αγαθού<sup>65</sup> είτε την χρήση της υπόθεσης ότι το αγαθό αυτό παράγεται παντού με την ίδια τεχνολογία (την καλύτερη διαθέσιμη).

Για την μελέτη αυτή ο υπολογισμός των δασμών και επιδοτήσεων υπολογίζεται ενδογενώς εξασφαλίζοντας έτσι πλήρη διαφάνεια και συνέπεια με την ιδέα του ΒΤΑ. Συγκεκριμένα ο υπολογισμός του δασμού προκύπτει από την ιδέα ότι ο λόγος του μοναδιαίου κόστους παραγωγής (περιλ. της τιμής του δικαιώματος) ως προς το μοναδιαίο κόστος παραγωγής των ενεργοβόρων βιομηχανιών που δραστηριοποιούνται εκτός Ε.Ε. πρέπει στο σενάριο πολιτικής να παραμείνει ο ίδιος με αυτόν του σεναρίου αναφοράς (όπου δεν γίνεται κάποια προσπάθεια μείωσης των εκπομπών εκ μέρους της Ε.Ε.). Αυτή η προσέγγιση εκμεταλλεύεται την μικροοικονομική θεμελίωση του υποδείγματος όχι μόνο

---

<sup>65</sup> Η αδυναμία αυτής της προσέγγισης αφορά στην **i)** έλλειψη κινήτρων στους εξαγωγείς στην Ε.Ε. να δηλώσουν τις ακριβείς διαδικασίες (μέσω των οποίων προκύπτει αέρια του θερμοκηπίου) παραγωγής του προϊόντος τους **(ii)** επιπλέον διοικητικό βάρος που θα προκύπτει από τον έλεγχο των βιομηχανικών της Ε.Ε.

εξασφαλίζοντας την συνέπεια αλλά και ότι οι δασμοί που θα προκύψουν θα αποτελούν τιμές ισορροπίας.

Η δυική τιμή της εξίσωσης (1) είναι ο δασμός εισαγωγής σε προϊόντα ενεργειακής έντασης. Από τον περιορισμό προκύπτει ότι οι δασμοί διαφοροποιούνται ανά βιομηχανικό κλάδο και χώρα (χρήση του πίνακα διμερούς εμπορίου). Τα αποτελέσματα όμως δείχνουν (παράρτημα του κεφαλαίου) ότι οι δασμοί αυτοί είναι σχεδόν ομοιόμορφοι γεγονός που σημαίνει ότι ένας ενιαίος δασμός θα ήταν εφικτό να εφαρμοστεί.

$$PD_r^{ref} = \frac{PD_{eu}}{(PD_r \cdot (1 + CRG_r))} \quad (1)$$

όπου:

$PD_r^{ref}$  : Ο λόγος  $\frac{PD_{eu}}{(PD_r \cdot (1 + CRG_r))}$  στο σενάριο αναφοράς

$PD_{eu}$  : Το μοναδιαίο κόστος παραγωγής εντός της Ε.Ε 27.

$PD_r$  : Το μοναδιαίο κόστος παραγωγής εντός της Ε.Ε 27 ( $r = \text{USA, JPN, CHN, ...ROW}$ ).

$CRG_r$  : Δασμός

### 6.3.2 Σενάρια κλιματικής αλλαγής

Τα σενάρια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υλοποιήθηκαν με την εισαγωγή του κατάλληλου περιορισμού εκπομπών, αφήνοντας έτσι το υπόδειγμα να αποφασίσει τον άριστο τρόπο που οι οικονομικοί παράγοντες θα ενσωματώσουν τον περιορισμό στο κόστος παραγωγής τους, στις επενδυτικές αποφάσεις και στις καταναλωτικές τους αποφάσεις. Ο περιορισμός των εκπομπών επιτυγχάνεται μέσω της προσαρμογής της αγοραίας τιμής του δικαιώματος εκπομπών (η οποία υπολογίζεται ενδογενώς).

Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου δεν θα χρηματοδοτηθεί από εξωτερικό δανεισμό, περιορίζεται το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών έτσι ώστε να παραμείνει στα ίδια επίπεδα με το σενάριο αναφοράς (ως ποσοστό του ΑΕΠ). Η μεταβλητή εξισορρόπησης μπορεί να είναι είτε το επιτόκιο είτε κάποιος φόρος. Η πλήρης περιγραφή των θεσμικών συναλλαγών στο υπόδειγμα προσφέρει

μία πληθώρα επιλογών τόσο για την επιλογή του τρόπου σταθεροποίησης του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών όσο και της χρήσης των εσόδων από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών. Οι επιλογές αυτές είναι:

- Επανεπένδυση των εσόδων από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών στην επιχείρηση (π.χ. αύξηση του κεφαλαιουχικού εισοδήματος).
- Κατανομή των εσόδων στην τελική ζήτηση μέσω μείωσης του μοναδιαίου κόστους παραγωγής.
- Προσαρμογή των εισφορών κοινωνικής ασφάλισης.
- Μείωση του δημόσιου ελλείμματος.
- Μεταβολή των άμεσων φόρων/επιδοτήσεων στα νοικοκυριά.

Η υλοποίηση του ΒΤΑ συγκρίνεται σε σχέση με τρία σενάρια αναφοράς. Η βασική διαφορά των σεναρίων αυτών έγκειται στην διαφορετική χρήση των εσόδων που προκύπτουν από την πώληση των δικαιωμάτων εκπομπών αλλά και από τον τρόπο προσφοράς των δικαιωμάτων (δημοπρασία ή grandfathering). Ο Πίνακας 6-15 παρουσιάζει τις υποθέσεις κάθε σεναρίου που αφορά στην μείωση των εκπομπών (στα σενάρια αυτά δεν περιλαμβάνονται τα μέτρα του ΒΤΑ).

**Πίνακας 6-15: Σενάρια αναφοράς**

<b>Βασικό σενάριο I</b>	<b>Βασικό σενάριο II</b>	<b>Βασικό σενάριο III</b>
Εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κυότο.	-//-	-//-
Το 2020 η Ε.Ε.27 μειώνει κατά 20% τα αέρια του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.	-//-	-//-
Όλοι οι κλάδοι της οικονομίας συμμετέχουν.	-//-	-//-
Τα δικαιώματα εκπομπών κατανέμονται σύμφωνα με τις ιστορικές εκπομπές του κάθε κλάδου.	-//-	Τα δικαιώματα δημοπρατούνται.
Τα έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων επανεπενδύονται στην επιχείρηση.	Τα έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων χρησιμοποιούνται για την μείωση του κόστους παραγωγής.	Τα δημόσια έσοδα από την δημοπρασία χρησιμοποιούνται για την μείωση των εισφορών κοινωνικής ασφάλισης.

Η Ε.Ε.27 καταβάλλει μόνη της την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών.	-//-	-//-
---	------	------

Η επιλογή του σεναρίου ένα υποστηρίζει κυρίως τις επιχειρήσεις εντάσεως κεφαλαίου. Στο σενάριο II η χρήση των εσόδων για μείωση του κόστους παραγωγής υποστηρίζει περισσότερο τους καταναλωτές τελικής ζήτησης και τις επιχειρήσεις στις οποίες το μερίδιο ενδιάμεσων εισροών ως προς την παραγωγή τους είναι υψηλό. Στο σενάριο III η επιλογή ευνοεί τις επιχειρήσεις εντάσεως εργασίας και την απασχόληση.

Όσο αφορά στην αξιολόγηση του μέτρου ΒΤΑ εξετάστηκαν δύο σενάρια. Στο πρώτο σενάριο εφαρμόστηκαν οι υποθέσεις του βασικού σεναρίου I συν τον περιορισμό που περιγράφεται από την εξίσωση [1]. Συγκεκριμένα ο δασμός εφαρμόζεται στις εισαγωγές της Ε.Ε. τριών προϊόντων i) σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων ii) χημικά προϊόντα iii) λοιπά προϊόντα υψηλής ενεργειακής έντασης. Επιδότηση λαμβάνουν μόνο τα προϊόντα που προορίζονται για εξαγωγές εκτός Ε.Ε.. Το δεύτερο σενάριο ΒΤΑ χρησιμοποιεί ως σενάριο μείωσης εκπομπών τις υποθέσεις του βασικού σεναρίου III.

### 6.3.3 Αποτελέσματα προσομείωσης

Τα αποτελέσματα στα βασικά σενάρια μας επιτρέπουν να αξιολογήσουμε τις οικονομικές επιπτώσεις διαφορετικών τρόπων προσφοράς των δικαιωμάτων εκπομπών (δημοπράτηση vs grandfathering) και διαφορετικών τρόπων ανακύκλωσης του εισοδήματος από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών στην οικονομία.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η συνολική επίπτωση είναι μικρή, και μόνο το BCII σενάριο διαφοροποιείται ελαφρώς. Από τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού προκύπτει ότι η προσφορά των δικαιωμάτων εκπομπών grandfathering και η χρήση των εσόδων από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών για την μείωση του κόστους παραγωγής πετυχαίνουν, συγκριτικά, καλύτερα αποτελέσματα όσο αφορά στην επίπτωση στο ΑΕΠ και την ευημερία. Το αποτέλεσμα αυτό έχει να κάνει και με την υψηλή τιμή του δικαιώματος 79\$/tCO<sub>2</sub> το οποίο στην ουσία μεταφράζεται και σε μεγαλύτερη μεταβίβαση εισοδήματος προς τις βιομηχανίες από ότι στα άλλα σενάρια. Τα αποτελέσματα των άλλων δύο σεναρίων στη οικονομία της Ε.Ε. αναδεικνύουν τον υποκειμενικό χαρακτήρα του μηχανισμού ανακύκλωσης που έχει επιλεχθεί. Στο σενάριο BCIII η απασχόληση επηρεάζεται άμεσα από

την επιλογή της μείωσης των εισφορών κοινωνικής ασφάλισης, και αυξάνει σε σχέση με το σενάριο αναφοράς κατά 0,4%.

**Πίνακας 6-16: Μακροοικονομικές επιπτώσεις και αέρια του θερμοκηπίου (2020, % αλλαγή από το σενάριο αναφοράς).**

	EU27			WORLD		
	BC I (Grandfathering – Lump Sum)	BC II (Grandfathering – price decrease)	BC III (auction-social security)	BC I	BC II	BC III
Δείκτης Ευημερίας	-1.1	-0.6	-1.1	-0.3	-0.1	-0.3
ΑΕΠ	-1.1	-0.6	-0.5	-0.3	-0.1	-0.2
Απασχόληση	-0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Ιδιωτική κατανάλωση	-1.7	-0.8	-1.0	-0.4	-0.1	-0.3
Επενδύσεις	-0.6	0.0	-0.3	-0.1	0.0	-0.1
Εξαγωγές	-3.0	-2.5	-2.0			
Εισαγωγές	-2.5	-0.9	-2.2			
Όροι εμπορίου	0.7	0.6	0.5			
Αέρια του θερμοκηπίου.	-27.9	-27.9	-27.9	-3.4	-3.6	-3.4
GHG (εκτός Ε.Ε.)				0.3	0.1	0.3
Τιμή δικαιώματος αγοράς (US\$01/tn CO2eq)	57	79	59			

Πηγή:GEM-E3-World

Σε κλαδικό επίπεδο όλοι οι κλάδοι υψηλής ενεργειακής έντασης καταγράφουν μείωση στην παραγωγή τους η οποία οφείλεται τόσο στην πτώση της εγχώριας ζήτησης όσο και στην πτώση του διεθνούς εμπορίου. Η χημική βιομηχανία παρουσιάζει την μεγαλύτερη πτώση σε όλα τα σενάρια, υπογραμμίζοντας έτσι την ευαισθησία του κλάδου στον εξωτερικό ανταγωνισμό. Το σενάριο BC II διαφοροποιείται σημαντικά από τα υπόλοιπα δύο σενάρια παρουσιάζοντας οριακές μειώσεις στα επίπεδα παραγωγής. Αυτό οφείλεται στην επιλογή ανακύκλωσης των εσόδων από την πώληση των δικαιωμάτων στην οικονομία. Η χρήση των εσόδων για μείωση του κόστους παραγωγής σημαίνει ότι τόσο η εγχώρια τιμή του προϊόντος όσο και η διεθνής τιμή παραμένει σχετικά ανταγωνιστική.



**Πίνακας 6-17: Παραγωγή και Εμπόριο ανά κλάδο (2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς)**

	EU27			WORLD		
	BC I (Grandfathering – Lump Sum)	BC II (Grandfathering – price decrease)	BC III (auction- social security)	BC I	BC II	BC III
Όγκος εγχώριας παραγωγής						
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	-2.1	-0.1	-1.3	-0.5	0.0	-0.4
Χημεία και πλαστικά	-6.0	-0.2	-5.3	-0.8	0.0	-0.6
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-2.9	-0.1	-2.3	-0.6	0.0	-0.4
Όγκος εισαγωγών						
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	0.3	0.0	0.5	-0.3	0.1	-0.3
Χημεία και πλαστικά	0.8	-0.2	1.3	-0.5	0.0	-0.5
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-0.2	-0.1	0.0	-0.5	0.0	-0.4
Όγκος εξαγωγών.						
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	-10.6	-0.9	-8.7	-0.1	0.1	-0.1
Χημεία και πλαστικά	-16.5	0.0	-15.9	-0.2	0.0	-0.1
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-10.6	-0.7	-9.7	-0.3	0.0	-0.2

Πηγή:GEM-E3-World

Η εφαρμογή του μέτρου ΒΤΑ αφήνει δεν μεταβάλλει την συνολική δραστηριότητα σε σχέση με τα τρία σενάρια αναφοράς. Το αποτέλεσμα αυτό είναι χαρακτηριστικό της ουδετερότητας του μέτρου αυτού (τα έσοδα από τους δασμούς διοχετεύονται στην οικονομία αποδυναμώνοντας το αποτέλεσμα στην ζήτηση από τις ακριβές εισαγωγές) αλλά και της συνεισφοράς των ενεργοβόρων επιχειρήσεων στο ΑΕΠ της Ε.Ε.

**Πίνακας 6-18: Μακροοικονομικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του μέτρου ΒΤΑ (2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς)**

	EU27		WORLD	
	BTA I	BTA II	BTA I	BTA II
Δείκτης Ευημερίας	-1.05	-1.07	-0.25	-0.28
ΑΕΠ	-1.07	-0.53	-0.28	-0.20
Απασχόληση	-0.65	0.39	-0.04	0.03
Ιδιωτική κατανάλωση	-1.61	-0.92	-0.40	-0.29
Επενδύσεις	-0.56	-0.29	-0.15	-0.09
Εξαγωγές	-3.00	-1.95		
Εισαγωγές	-2.36	-2.08		
Όροι εμπορίου	0.28	0.14		
ΒΤΑ εισόδημα EUs	0.43	0.38		
Επιδότησεις EUs.	0.48	0.44		
Αέρια του θερμοκηπίου.	-27.89	-27.89		
GHG (εκτός Ε.Ε.)				
Τιμή δικαιώματος αγοράς (US\$01/tn CO2eq)	58.48	60.42		

Το εισόδημα που προκύπτει από την εφαρμογή των δασμών είναι περίπου το ίδιο και στα δύο σενάρια και σε ένα βαθμό αντισταθμίζει τις αρνητικές συνέπειες της τιμής του δικαιώματος στην παραγωγή των ενεργοβόρων βιομηχανιών. Αυτό φαίνεται καθαρά συγκρίνοντας τους πίνακες με τα αποτελέσματα σε κλαδικό επίπεδο για τα σενάρια BC I and BC III με τα αντίστοιχα ΒΤΑ σενάρια.

**Πίνακας 6-19: Επιπτώσεις στην παραγωγή και το εμπόριο ανά δραστηριότητα (ΒΤΑ- 2020 - % αλλαγές από το σενάριο αναφοράς)**

	EU27		WORLD	
	BTA I	BTA II	BTA I	BTA II
Όγκος εγχώριας παραγωγής				
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	-1.75	-1.10	-0.53	-0.40
Χημεία και πλαστικά	-2.46	-1.95	-0.81	-0.67
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-2.26	-1.72	-0.57	-0.43
Όγκος εισαγωγών				
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	-1.60	-0.93	-0.43	-0.36
Χημεία και πλαστικά	-2.81	-2.18	-0.51	-0.44
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-2.14	-1.56	-0.60	-0.50
Όγκος εξαγωγών.				
Σιδηρούχα και μη μέταλλα	-3.45	-3.75	-0.34	-0.27
Χημεία και πλαστικά	0.70	0.39	-0.49	-0.42
Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	-3.77	-3.99	-0.52	-0.42

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6*

**Πίνακας 6-20 Ενδογενής υπολογισμός δασμών για τα σενάρια ΒΤΑ Ι και ΒΤΑ ΙΙ**

	ΒΤΑ Ι			ΒΤΑ ΙΙ		
	Μεταλλουργία	Χημεία	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	Μεταλλουργία	Χημεία	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι
Αυστραλία & Νέα Ζηλανδία	1.9%	4.3%	2.1%	1.4%	4.1%	1.8%
Ιαπωνία	2.0%	4.4%	2.3%	1.5%	4.2%	1.9%
Ανατολική Ασία	2.1%	4.5%	2.3%	1.6%	4.2%	2.0%
Κίνα	2.2%	4.6%	2.4%	1.7%	4.3%	2.1%
Ινδία	2.2%	4.6%	2.4%	1.8%	4.3%	2.1%
Υπόλοιπη Ασία	2.0%	4.4%	2.2%	1.5%	4.1%	1.9%
Η.Π.Α.	2.0%	4.4%	2.2%	1.5%	4.1%	1.9%
Καναδάς	2.0%	4.4%	2.2%	1.5%	4.1%	1.9%
Κεντρική Αμερική	2.1%	4.5%	2.3%	1.6%	4.3%	2.0%
Υπόλοιπη λατινική Αμερική	2.0%	4.4%	2.2%	1.5%	4.1%	1.9%
Βραζιλία	1.9%	4.4%	2.2%	1.5%	4.2%	1.9%
Λοιπές Ευρωπαϊκές χώρες	2.3%	4.8%	2.5%	1.8%	4.5%	2.1%
CIS	2.6%	5.0%	2.8%	2.1%	4.7%	2.4%
Μέση ανατολή	2.2%	4.6%	2.4%	1.7%	4.3%	2.1%
Μεσογειακές χώρες	2.2%	4.7%	2.5%	1.7%	4.4%	2.2%
Νότια Αφρική	2.6%	5.0%	2.8%	2.1%	4.7%	2.5%
Υπόλοιπη Αφρική	2.0%	4.5%	2.3%	1.5%	4.2%	2.0%

Πηγή: GEM-E3-World

*ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6*

1. Ismer, R., Neuhoff, K., 2004. "Border tax adjustments: a feasible way to address nonparticipation in emission trading." Cambridge MIT Electricity Project Working Paper 36.
2. T. Banuri, K.-G. Mäler, M. Grubb, H.K. Jacobson and F. Yamin, Equity and social considerations In: J.P. Bruce, H. Lee and E.F. Haites, Editors, *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, New York (1996), pp. 79–124.
3. Biermann, F., Brohm, R., 2005. "Implementing the Kyoto Protocol without the United States: the strategic role of energy tax adjustments at the border". *Climate Policy* 4 (3), 289–302.
4. Brack, D., Grubb, M., Windham, M., 2000. "International Trade and Climate Change Policies". Earthscan, London.
5. Brewer, T.L., "The WTO and the Kyoto Protocol: interaction issues". *Climate Policy* 4 (1), 3–12, 2004.
6. den Elzen, M. G. J. and M. Meinshausen, "Meeting the EU 2°C climate target: global and regional emission implications." In: *Climate Policy* 6: 545-564
7. Lodefalk, M., Arvius, C., Jonsson, M., Rentzhog, M., Simon, C.M., Widell, A., Akerblom, G., Storey, M., Hjortsberg, H., "Climate and trade rules—harmony or conflict? National Board of Trade, Stockholm.", 2004.
8. Manne, A. and R. Richels. 1995. "The Greenhouse Debate: Economic Efficiency, Burden Sharing and Hedging Strategies." *Energy Journal* 16(4):1-37.
9. Rose, A., and Stevens, B. K. 1998. "Will a Global Warming Agreement be Fair to Developing Countries?" *International Journal of Environment and Pollution* 9: 157-77.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

## 7 Ανάλυση αλληλεπιδράσεων ενέργειας οικονομίας

### 7.1 Σενάριο υψηλών τιμών ενέργειας

Η μεγέθυνση της παγκόσμιας οικονομίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την διακύμανση των τιμών ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα του πετρελαίου. Εκτιμήσεις της IEA (2005) κάνουν λόγο για μείωση κατά 0,5% του ρυθμού ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας σε περίπτωση που υπάρξει μια αύξηση της τιμής του πετρελαίου από τα 25\$ στα 35\$ το βαρέλι (οι επιπτώσεις σε επίπεδο χώρας διακυμαίνονται ανάλογα με τον βαθμό που αυτή είναι καθαρός εισαγωγέας η εξαγωγέας ενέργειας). Ο ρόλος της ενέργειας καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός όχι λόγω του μεριδίου της στην συνολική προστιθέμενη αξία (το οποίο είναι χαμηλό και κυμαίνεται περίπου στο 4%) αλλά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της που είναι η συμπληρωματική σχέση που έχει με το κεφάλαιο και οι χαμηλές δυνατότητες υποκατάστασης της με τους υπόλοιπους συντελεστές παραγωγής. Η μελέτη του κόστους προσαρμογής μια οικονομίας από την απότομη μεταβολή των διεθνών τιμών καυσίμων είναι ιδιαίτερα σύνθετη καθώς πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τόσο οι διακλαδικές σχέσεις των επιχειρήσεων όσο και η αλληλεξάρτηση των διαφορετικών οικονομιών. Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας θεμελιωμένα στην μικροοικονομική θεωρία και αναπαριστώντας λεπτομερώς τις διακλαδικές συνδέσεις των επιχειρήσεων και την σύνδεση των οικονομιών μέσω του διεθνούς εμπορίου αποτελούν χρήσιμα εργαλεία αποτίμησης των αναδιανεμητικών εισοδηματικών αποτελεσμάτων που μπορούν να προκύψουν από μία ενεργειακή κρίση. Η Ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αποτιμήσει τις επιπτώσεις από την αύξηση των τιμών άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου στην οικονομία της Ε.Ε. Δύο διαφορετικά σενάρια εξέλιξης των διεθνών τιμών εξετάστηκαν:

Το πρώτο σενάριο αφορά σε υψηλές τιμές τόσο του πετρελαίου όσο και του φυσικού αερίου. Ο ρυθμός αύξησης σε σχέση με το σενάριο αναφοράς προσεγγίζει το **90%** το **2030** ξεκινώντας από το **10%** το **2010**. Σε αυτό το σενάριο υποθέτουμε ότι ο ρυθμός

αύξησης των τιμών του φυσικού αερίου ακολουθεί το ρυθμό αύξησης των τιμών του πετρελαίου.

Το δεύτερο σενάριο υποθέτει την ίδια αύξηση της τιμής του πετρελαίου, όπως και στο σενάριο 1, αλλά η τιμή του φυσικού αερίου αποσυνδέεται από αυτήν του πετρελαίου. Σε αυτό το σενάριο η αύξηση στην τιμή του φυσικού αερίου περιορίζεται σε 27% από το σενάριο αναφοράς το 2030. Και στα δύο σενάρια οι τιμές του άνθρακα αυξάνουν (με παρόμοιους ρυθμούς) ως αποτέλεσμα του κόστους ευκαιρίας που προκύπτει από την αύξηση της τιμής του πετρελαίου.

Οι ακριβείς μεταβολές των τιμών των καυσίμων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-1

**Πίνακας 7-1: Εξέλιξη τιμής καυσίμων (%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς)**

	High Oil High Gas					High Oil Medium Gas				
	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Oil</b>	27,8%	44,0%	63,8%	77,5%	89,5%	27,8%	44,0%	63,8%	77,5%	89,5%
<b>Gas</b>	11,6%	41,3%	68,5%	68,3%	83,5%	0,9%	15,9%	27,9%	21,2%	27,1%
<b>Coal</b>	14,8%	41,7%	65,0%	78,6%	87,5%	14,3%	38,6%	58,1%	68,1%	74,8%

### 7.1.1 Μεθοδολογία.

Όπως έχει περιγραφεί στο τμήμα 3.5 της διατριβής το υπόδειγμα GEM-E3 χειρίζεται με ενδογενή τρόπο το διμερές εμπόριο όλων των αγαθών και υπηρεσιών. Το υπόδειγμα διακρίνει τον άνθρακα, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο ως ξεχωριστούς κλάδους παραγωγής. Τα ενεργειακά αυτά αγαθά συνδυάζονται με τις αντίστοιχες εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο για να αποτελέσουν το τελικό σύνθετο προϊόν το οποίο πωλείται στην ενδιάμεση και τελική ζήτηση. Καταυτόν τον τρόπο οι τιμές των αγαθών αυτών στην αγορά της Ε.Ε. είναι συνδεδεμένες με τις διεθνείς τιμές ενέργειας οι οποίες στην ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος καθορίζονται εξωγενώς. Η ζήτηση από τον υπόλοιπο κόσμο για αγαθά και υπηρεσίες που παράγονται στην Ε.Ε. επίσης προσδιορίζεται εξωγενώς. Μία αύξηση στις διεθνείς τιμές ενέργειας έχει επίπτωση στην οικονομία της Ε.Ε. μέσω: i) αύξησης των τιμών λόγω αύξησης του κόστους παραγωγής ii) μεταβολής της ζήτησης για εισαγόμενα και εξαγόμενα προϊόντα.

Υψηλότερες τιμές ενέργειας αυξάνουν το κόστος παραγωγής στην Ε.Ε. πιέζοντας προς τα κάτω τόσο την τελική όσο και την ενδιάμεση κατανάλωση. Επιπροσθέτως οι ακριβότερες εισαγωγές ενεργειακών προϊόντων έχουν ως αποτέλεσμα την μεταφορά εισοδήματος προς του κύριους παραγωγούς ενέργειας (οι οποίοι στην πλειοψηφία τους είναι εκτός Ε.Ε.). Αυτή



η μεταφορά πλούτου μειώνει την ζήτηση για εγχωρίως παραγόμενα αγαθά και επομένως μειώνει την εγχώρια δραστηριότητα. Η ζήτηση για πρωταρχικούς συντελεστές παραγωγής μειώνεται, ωθώντας προς τα κάτω τις τιμές τους. Οι χαμηλότεροι μισθοί μειώνουν το εισόδημα των νοικοκυριών το οποίο οδηγεί σε περεταίρω μείωση της ιδιωτικής κατανάλωσης.

Όσον αφορά στον υπόλοιπο κόσμο, οι υψηλότερες τιμές ενέργειας επιδρούν αρνητικά στην εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας γεγονός που οδηγεί σε μείωση της δραστηριότητας και επομένως σε μείωση της ζήτησης εισαγόμενων αγαθών από την Ε.Ε.. Παράλληλα όμως οι διεθνείς τιμές για το σύνολο των αγαθών και υπηρεσιών σε σχέση με τις τιμές των προϊόντων της Ε.Ε. θα παραμείνουν σταθερές (έτσι η επίπτωση στην ανταγωνιστικότητα της Ε.Ε. αναμένεται να είναι μικρή).

Προκείμενου η αξιολόγηση των σεναρίων υψηλών ενεργειακών τιμών να γίνει με τον πληρέστερο δυνατό τρόπο χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο εκδόσεις του υποδείγματος GEM-E3 (παγκόσμια και ευρωπαϊκή). Η παγκόσμια έκδοση διακρίνει την εξόρυξη του φυσικού αερίου και πετρελαίου ως ξεχωριστούς κλάδους. Η παγκόσμια έκδοση χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις από την αύξηση των ενεργειακών τιμών στην κλαδική δραστηριότητα και στις τιμές όλων των αγαθών και υπηρεσιών ανά χώρα. Ο μηχανισμός εξαντλήσιμων πόρων που ενσωματώθηκε στο υπόδειγμα επιτρέπει να προσομοιωθούν οι αυξήσεις των ενεργειακών τιμών (οι οποίες είναι ενδογενείς στο παγκόσμιο υπόδειγμα) μέσω της μεταβολής των αποθεμάτων. Οι προσομοιώσεις του παγκοσμίου υποδείγματος χρησίμευσαν προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις στο εμπόριο μεταξύ Ε.Ε. και υπόλοιπου κόσμου. Αυτό υπολογίστηκε από την μεταβολή των διεθνών τιμών σε σχέση με τις ευρωπαϊκές και από την μεταβολή της ζήτησης αγαθών από τον υπόλοιπο κόσμο. Τα αποτελέσματα αυτά εισήχθησαν εξωγενώς στην ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος. Προκείμενου να ληφθεί υπ' όψιν και η επίπτωση από την μεταφορά εισοδήματος από την Ε.Ε. στο υπόλοιπο κόσμο που προκύπτει από την αύξηση των διεθνών τιμών ενέργειας, υποθέσαμε ότι το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών της Ε.Ε. θα είναι ελεύθερο να μεταβληθεί σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Αυτή η επιλογή αντικατοπτρίζει την προσδοκία ότι μέρος του επιπλέον πλούτου που μεταφέρεται από την Ε.Ε. στον υπόλοιπο κόσμο θα επιστρέψει στην Ε.Ε. ως ζήτηση επενδυτικών προϊόντων. Έτσι

η χρηματοδότηση μέρους του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών από ξένα κεφάλαια μπορεί να δικαιολογηθεί.

### 7.1.2 Αποτελέσματα<sup>66</sup> αύξησης τιμών ενέργειας

Οι τιμές των ορυκτών καυσίμων ενισχύονται σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, ως αποτέλεσμα της πολιτικής των χωρών που παράγουν τα καύσιμα αυτά. Οι καθαροί εισαγωγείς ορυκτών καυσίμων επιβαρύνονται με επιπλέον κόστος ενώ οι εξαγωγείς λαμβάνουν επιπλέον εισόδημα. Η καθαρή μεταφορά εισοδήματος επηρεάζει την κατανάλωση και τις επενδύσεις σε μη ενεργειακά προϊόντα, αρνητικά για τις πρώτες και θετικά για τις δεύτερες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του υποδείγματος (παρατίθενται σε πίνακες στο τέλος της ενότητας αυτής), σε παγκόσμιο επίπεδο, οι υψηλότερες τιμές καυσίμων μειώνουν το παγκόσμιο ΑΕΠ κατά 1,9% και 1,4% το 2030 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την περίπτωση των υψηλών τιμών και μεσαίων τιμών αντίστοιχα. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται σε μία δομική παραδοχή σύμφωνα με την οποία τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι τέλεια υποκατάστατα με άλλες μορφές ενέργειας ή άλλους συντελεστές παραγωγής. Επίσης οι ελαστικότητες υποκατάστασης είναι χαμηλές (όπως στην πλειοψηφία των υποδειγμάτων γενικής ισορροπίας) και έχουν ως αποτέλεσμα οι σταυροειδής ελαστικότητες τιμής μεταξύ ενέργειας και κεφαλαίου να προσδιορίζουν την σχέση τους περισσότερο ως συμπληρωματικής και όχι ως υποκαταστάσιμη. Η συμπληρωματικότητα μεταξύ κεφαλαίου και ενέργειας έχει ερευνηθεί εκτενώς, βλ. Berdt και Wood (1979), Denny et al. (1981), Hogan (1979). Έτσι η πρωταρχική επίπτωση μείωσης του ΑΕΠ οφείλεται στην χαμηλή υποκαταστασιμότητα των ορυκτών καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η έλλειψη επαρκούς υποκατάστασης ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του πραγματικού εισοδήματος των επιχειρήσεων και των νοικοκυριών που δαπανάται για μη ενεργειακούς συντελεστές παραγωγής και καταναλωτικά προϊόντα και υπηρεσίες. Έτσι η παραγωγική δραστηριότητα μειώνεται στις χώρες που είναι καθαροί εισαγωγείς καυσίμων.

---

<sup>66</sup> Τα αναλυτικά αποτελέσματα των σεναρίων παρατίθενται σε πίνακες στο τέλος της ενότητας αυτής.

Οι αυξημένες πληρωμές σε ορυκτά καύσιμα αντιστοιχούν σε επιπρόσθετα έσοδα για τις χώρες των οποίων το κύριο προϊόν παραγωγής είναι τα καύσιμα. Τα έσοδα αυτά αν και δαπανώνται σε μη ενεργειακά προϊόντα δεν προκαλούν αύξηση στο παγκόσμιο ΑΕΠ.

Οι χώρες παραγωγί ορυκτών καυσίμων είναι σε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης από ότι οι χώρες που είναι καθαροί εισαγωγείς καυσίμων. Οι πρώτες έχουν τέτοια καταναλωτικά πρότυπα (ελαστικότητα εισοδήματος) που τείνουν περισσότερο προς την κατανάλωση πρωταρχικών αγαθών τα οποία όμως έχουν χαμηλά πολλαπλασιαστικά οφέλη για την οικονομία. Η μείωση του εισοδήματος στις χώρες που εισάγουν καύσιμα, και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες, επιφέρει χαμηλότερη κατανάλωση σε προϊόντα και υπηρεσίες τα οποία έχουν υψηλό πολλαπλασιαστή. Μια παρόμοια επίπτωση συμβαίνει και στις επενδύσεις.

Το αποτέλεσμα υποκατάστασης επιφέρει υψηλότερη ζήτηση για κεφάλαιο και εργασία στις χώρες που παράγουν καύσιμα και έτσι οι τιμές ισορροπίας στις χώρες αυτές τείνουν να αυξηθούν. Αντίστοιχα η μείωση της δραστηριότητας επιφέρει μείωση της ζήτησης για πρωτογενείς συντελεστές παραγωγής. Το τελικό αποτέλεσμα, όπως προσομοιώνεται από την παγκόσμια έκδοση του GEM-E3, είναι αρνητικό για τις περισσότερες χώρες: η ζήτηση για κεφάλαιο και εργασία μειώνεται και έτσι μειώνεται τόσο η πραγματική απόδοση κεφαλαίου όσο και οι πραγματικοί μισθοί, σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Η μείωση της δραστηριότητας και οι επακόλουθες μειώσεις στις αμοιβές των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής επιβραδύνουν τις επενδύσεις γεγονός το οποίο επηρεάζει άμεσα την δραστηριότητα και το ΑΕΠ. Συνεπώς ο ρυθμός της οικονομικής ανάπτυξης επιβραδύνεται, σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Αυτή η επιβράδυνση θα ήταν υψηλότερη εάν η παραγωγικότητα των συντελεστών παραγωγής ήταν ενδογενώς συνδεδεμένη με την επένδυση. Συγκεκριμένα η μείωση των επενδύσεων των αναπτυσσόμενων χωρών οι οποίες αποτελούν και την κύρια πηγή καινοτομίας, θα οδηγούσε σε επιβράδυνση της συσσώρευσης της καινοτομίας και επομένως σε μείωση της παραγωγικότητας. Αυτό θα συνείσφερε, επιπλέον των υπόλοιπων παραγόντων, αρνητικά στην οικονομική ανάπτυξη. Το επιπλέον εισόδημα των χωρών που παράγουν τα ορυκτά καύσιμα δεν επενδύεται σε δραστηριότητες καινοτομίας και όταν γίνεται αυτό η οριακή απόδοση είναι χαμηλή. Μέσω του φαινομένου της διάχυσης (spill-over) όλες οι χώρες θα επηρεάζοντουσαν αρνητικά από την έλλειψη καινοτομίας.

Η οικονομία της Ε.Ε. είναι αναπτυγμένη και αποτελεί έναν καθαρό εισαγωγέα ορυκτών καυσίμων. Η Ε.Ε. δεν χάνει σε ανταγωνιστικότητα στο εμπόριο, αφού οι υψηλότερες τιμές καυσίμων αφορούν όλες τις χώρες. Παρόλα αυτά η οικονομία της Ε.Ε. επιβραδύνει και επομένως η απασχόληση οι επενδύσεις και η κατανάλωση βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι στο σενάριο αναφοράς. Το ΑΕΠ της Ε.Ε. το 2030 είναι 1,13% και 0,9% χαμηλότερο από ότι στο σενάριο αναφοράς για το σενάριο υψηλών τιμών και μεσαίων τιμών αντίστοιχα. Η απασχόληση και η επένδυση επίσης μειώνονται σε σχέση με το σενάριο αναφοράς κατά 0,3% και 0,2% το 2030 και 0,9% και 0,7% αντίστοιχα.

Οι επιπτώσεις αυτές οφείλονται κυρίως σε: μείωση της παγκόσμιας δραστηριότητας οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα εξαγωγών της Ε.Ε. προς τον υπόλοιπο κόσμο και η χαμηλή υποκατάσταση μεταξύ ενέργειας και λοιπών συντελεστών παραγωγής οδηγεί σε μείωση του εισοδήματος των επιχειρήσεων και των νοικοκυριών που δαπανάται σε μη ενεργειακά προϊόντα και υπηρεσίες. Λόγω της ατελούς υποκατάστασης και της πίεσης στις αγορές εργασίας και κεφαλαίου οι τιμές στα προϊόντα και υπηρεσίες αυξάνουν 1,8% και 1,7% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς το 2030. Το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών της Ε.Ε. προσαρμόζεται σε μεγαλύτερο έλλειμμα, σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, αντανακλώντας τις ροές κεφαλαίου προς την Ε.Ε. από τις χώρες παραγωγούς ορυκτών καυσίμων. Η επίπτωση από την εξωτερική χρηματοδότηση δεν επαρκεί όμως για να αποζημιώσει για την απώλεια δραστηριότητας, έτσι το τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση της δραστηριότητας της Ε.Ε. και μείωση της ευημερίας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Πίνακας 7-2: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου (Ε.Ε.)

% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	2020	2030
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	-0,75	-1,13
Επενδύσεις	-0,39	-0,88
Ιδιωτική κατανάλωση	-1,94	-2,68
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	-0,17	-0,47
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	-2,20	-3,12
Όροι εμπορίου	-5,15	-6,09
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	-0,80	-0,90
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-11,7	-15,7
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-12,0	-16,3
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	-4,6	-6,9
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-7,7	-10,1
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	-0,21	-0,30
Πραγματικός μισθός (Εργατώρα)	-1,81	-2,70
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	1,11	1,80

Πηγή: GEM-E3

Πίνακας 7-3: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και μεσαίων τιμών φυσικού αερίου (Ε.Ε.)

% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	2020	2030
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	-0,58	-0,86
Επενδύσεις	-0,29	-0,68
Ιδιωτική κατανάλωση	-1,57	-2,13
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	-0,15	-0,33
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	-1,90	-2,62
Όροι εμπορίου	-4,26	-5,04
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	-0,66	-0,74
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-8,9	-11,5
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-9,4	-12,4
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	-3,9	-5,9
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-6,4	-8,2
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	-0,15	-0,20
Πραγματικός μισθός (Εργατώρα)	-1,43	-2,11
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	1,02	1,73

Πηγή: GEM-E3

**Πίνακας 7-4: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου ανά χώρα**

% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	-0,42	-0,61	-1,50	-2,02	-0,04	-0,07	-0,10	-0,37
Βέλγιο	-0,64	-0,99	-1,85	-2,58	-0,16	-0,23	-0,49	-1,12
Βουλγαρία	-1,43	-2,15	-2,53	-3,69	0,07	0,01	-0,91	-1,65
Γερμανία	-1,00	-1,57	-1,85	-2,48	-0,37	-0,52	-0,46	-0,93
Δανία	-0,39	-0,57	-0,82	-1,19	-0,12	-0,18	-0,06	-0,22
Φιλανδία	-0,69	-1,18	-0,96	-1,47	-0,13	-0,23	-0,41	-1,12
Γαλλία	-0,78	-1,15	-1,39	-1,70	-0,23	-0,30	-0,34	-1,07
Ελλάδα	-1,04	-1,72	-1,92	-2,73	-0,17	-0,30	-0,70	-1,34
Ιταλία	-0,90	-1,24	-2,59	-3,40	-0,43	-0,36	-0,45	-0,93
Ιρλανδία	-0,31	-0,45	-0,93	-1,18	-0,14	-0,20	-0,16	-0,28
Ολλανδία	-0,79	-1,17	-1,92	-2,50	-0,14	-0,24	-0,78	-1,22
Πορτογαλία	-0,75	-1,17	-2,52	-3,37	0,00	-0,10	-0,48	-1,25
Ισπανία	-0,80	-1,13	-1,71	-2,12	-0,17	-0,24	-0,35	-0,80
Σουηδία	-0,69	-1,02	-1,30	-1,79	-0,14	-0,22	-0,60	-1,32
Ηνωμένο Βασίλειο	-0,36	-0,53	-0,76	-1,05	-0,12	-0,20	-0,15	-0,32
Ουγγαρία	-0,91	-1,47	-1,37	-1,72	-0,14	-0,33	-0,01	0,08
Πολωνία	-0,80	-1,53	-1,03	-1,80	-0,22	-0,39	-0,58	-1,42
Ρουμανία	-1,02	-1,56	-1,76	-2,74	-0,07	-0,11	-0,41	-0,93
Σλοβενία	-0,86	-1,36	-2,54	-3,32	0,12	-0,04	0,10	-0,89
Τσεχία	-1,06	-1,70	-2,74	-3,72	-0,15	-0,31	-0,40	-1,01
Σλοβακία	-1,29	-1,97	-3,72	-4,52	-0,04	-0,21	-0,57	-0,88
Εστονία	-0,75	-1,13	-1,44	-2,14	-0,08	-0,18	-0,51	-0,84
Λετονία	-0,82	-1,35	-1,56	-2,29	0,03	-0,09	-0,58	-1,35
Λιθουανία	-0,99	-1,75	-2,69	-4,02	-0,04	-0,15	-1,26	-2,30
ΕΕ24	-0,75	-1,13	-1,94	-2,68	-0,21	-0,30	-0,39	-0,88

Πηγή: GEM-E3

**Πίνακας 7-5: Αποτελέσματα υψηλών τιμών πετρελαίου και μεσαίων τιμών φυσικού αερίου ανά χώρα**

% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	-0,28	-0,37	-1,17	-1,57	0,00	-0,01	-0,04	-0,26
Βέλγιο	-0,51	-0,79	-1,57	-2,14	-0,13	-0,18	-0,40	-0,96
Βουλγαρία	-1,03	-1,57	-1,96	-2,83	0,09	0,04	-0,66	-1,20
Γερμανία	-0,82	-1,26	-1,50	-1,98	-0,29	-0,40	-0,39	-0,78
Δανία	-0,33	-0,49	-0,75	-1,09	-0,09	-0,13	-0,05	-0,24
Φιλανδία	-0,61	-1,03	-0,88	-1,32	-0,10	-0,18	-0,36	-1,00
Γαλλία	-0,63	-0,92	-1,18	-1,44	-0,17	-0,22	-0,24	-0,82
Ελλάδα	-0,89	-1,43	-1,74	-2,45	-0,11	-0,21	-0,60	-1,16
Ιταλία	-0,69	-0,92	-2,06	-2,63	-0,33	-0,25	-0,34	-0,71
Ιρλανδία	-0,14	-0,18	-0,82	-0,99	-0,09	-0,12	-0,07	-0,32
Ολλανδία	-0,48	-0,73	-1,27	-1,60	-0,08	-0,15	-0,56	-0,92
Πορτογαλία	-0,67	-1,02	-2,44	-3,21	0,03	-0,04	-0,43	-1,10
Ισπανία	-0,63	-0,89	-1,40	-1,75	-0,11	-0,16	-0,25	-0,62
Σουηδία	-0,64	-0,94	-1,24	-1,68	-0,12	-0,20	-0,55	-1,20
Ηνωμένο Βασίλειο	-0,24	-0,34	-0,58	-0,79	-0,06	-0,11	-0,10	-0,22
Ουγγαρία	-0,71	-1,08	-1,20	-1,45	-0,08	-0,19	0,04	0,17
Πολωνία	-0,47	-0,85	-0,84	-1,37	-0,09	-0,16	-0,33	-0,81
Ρουμανία	-0,78	-1,17	-1,43	-2,17	-0,05	-0,07	-0,29	-0,62
Σλοβενία	-0,75	-1,16	-2,45	-3,17	0,16	0,05	0,14	-0,80
Τσεχία	-0,74	-1,14	-1,90	-2,48	-0,08	-0,18	-0,34	-0,83
Σλοβακία	-0,79	-1,15	-2,46	-2,84	0,00	-0,09	-0,42	-0,70
Εστονία	-0,51	-0,74	-1,26	-1,84	-0,01	-0,07	-0,39	-0,84
Λετονία	-0,69	-1,08	-1,38	-1,96	0,06	-0,03	-0,51	-1,14
Λιθουανία	-0,83	-1,52	-2,54	-3,75	0,00	-0,08	-1,08	-1,95
ΕΕ24	-0,58	-0,86	-1,57	-2,13	-0,15	-0,20	-0,29	-0,68

Πηγή: GEM-E3

## 7.2 Σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας στην Ε.Ε.

Σημαντικό κομμάτι της βιβλιογραφίας που αφορά στις μακροοικονομικές επιπτώσεις περιβαλλοντικών πολιτικών εστιάζει στην επιβολή περιβαλλοντικών φόρων και την χρήση των εσόδων αυτών είτε για την προώθηση ήπιων μορφών ενέργειας είτε για την μείωση των ασφαλιστικών εισφορών των επιχειρήσεων (τόνωση της απασχόλησης), Bosello et al. (2001). Οι Goulder et al. (1999) αναλύουν τις επιπτώσεις ποσοστώςσεων στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και της επιβολής χρήσης καθαρών τεχνολογιών, ενώ οι Bovenberg και van der Ploeg (1994) μελετούν την μεταβολή στην σύνθεση των δημόσιων δαπανών προκειμένου να αυξηθεί το μερίδιο των δαπανών σχετικών με την υλοποίηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας (στις χώρες του ΟΟΣΑ το ποσοστό των δημόσιων δαπανών κυμαίνεται μεταξύ 9-25% ως ποσοστό του ΑΕΠ - ΟΟΣΑ(2000)). Τα αποτελέσματα από την υλοποίηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας δεν είναι προφανή καθώς εξαρτώνται από μία μεγάλη σειρά παραγόντων όπως η επίπτωση στην ανταγωνιστικότητα της οικονομίας, το πολλαπλασιαστικό όφελος από την παραγωγή υλικών και υπηρεσιών που θα χρησιμοποιηθούν στα προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας, την ευελιξία της αγοράς κεφαλαίου και εργασίας και από την επίπτωση στην χρήση της ενέργειας (rebound effect - η πτώση του κόστους ενεργειακής κατανάλωσης μακροπρόθεσμα μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας).

Σε αυτό το σημείο της διατριβής παρουσιάζεται η μελέτη των οικονομικών επιπτώσεων από την υλοποίηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της ενεργειακής ζήτησης κατά 15% από τα επίπεδα του σεναρίου αναφοράς το 2020 και κατά 20% το 2030. Η μείωση της ζήτησης ενέργειας προκύπτει από αλλαγές τόσο στην τεχνολογία όσο και στην καταναλωτική συμπεριφορά των νοικοκυριών αντανακλώντας έτσι την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλους τους τομείς. Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. έχει θέσει σε υψηλή προτεραιότητα την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς της οικονομίας καθώς θεωρεί ότι αποτελεί τον πιο αποδοτικό τρόπο προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια ενεργειακής τροφοδοσίας αλλά και τα αέρια του θερμοκηπίου.



### 7.2.1 Μεθοδολογία

Η ενεργειακή κατανάλωση είναι ενδογενής στο υπόδειγμα: για τις επιχειρήσεις προκύπτει ως άριστη ζήτηση ενέργειας από την μεγιστοποίηση της κερδοφορίας της επιχείρησης για τα νοικοκυριά η ζήτηση για ενέργεια προκύπτει από την κατανάλωση διαρκών αγαθών (π.χ. αυτοκίνητο, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, θέρμανση κτλ).

Ο σχεδιασμός του σεναρίου αφορούσε στην ποσοτικοποίηση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας που προκύπτει από την εφαρμογή τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του ενεργειακού υποδείγματος PRIMES (το PRIMES είχε χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει τις επιπτώσεις του παραπάνω σεναρίου στο ενεργειακό σύστημα της Ευρώπης). Τα αποτελέσματα του ενεργειακού υποδείγματος χρησίμευσαν στην ποσοτικοποίηση μια σχέσης δαπανών-εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε ενεργειακή κατανάλωση του GEM-E3. Αυτή η σχέση καθορίζει το επίπεδο της επένδυσης που απαιτείται σε εξοπλισμό, υλικά (π.χ. μόνωση) και υπηρεσίες (π.χ. τεχνικοί για εγκατάσταση του εξοπλισμού) προκειμένου να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτή η σχέση εισάγεται στο υπόδειγμα με την τοποθέτηση ενός πρόσθετου συντελεστή στην συνάρτηση παραγωγής και στην συνάρτηση κατανάλωσης διαρκών και μη διαρκών αγαθών. Ο επιπρόσθετος αυτός συντελεστής ερμηνεύεται ως ένας δείκτης εξοικονόμησης ενέργειας και εξαρτάται από το συσσωρευμένο απόθεμα της τεχνολογίας εξοικονόμησης ενέργειας. Το απόθεμα αυτό αυξάνεται ως αποτέλεσμα συγκεκριμένων επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ο δείκτης αυτός αυξάνεται προκειμένου να μειώσει την απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή μίας μονάδας προϊόντος σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Υποθέτουμε ότι οι επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας παράγουν αποτελέσματα αμέσως μετά την υλοποίηση τους και για τα επόμενα 20 χρόνια χωρίς απώλεια της ενεργειακής βελτίωσης λόγω παλαίωσης του εξοπλισμού. Ο σκοπός της επένδυσης αυτής είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ανά παραγόμενο η καταναλισκόμενο προϊόν και όχι η μεγέθυνση του κεφαλαιουχικού αποθέματος.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στους κλάδους παραγωγής, μέσω της μείωσης της μοναδιαίας ζήτησης ενέργειας, από τη μία μεταφράζεται σε μείωση των δαπανών για κατανάλωση ενέργειας και από την άλλη σε αύξηση των δαπανών σε μη ενεργειακά προϊόντα τα οποία

όμως είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της τεχνολογίας εξοικονόμησης ενέργειας. Η προσαρμογή του GEM-E3 στα αποτελέσματα του PRIMES είναι τέτοια ώστε το καθαρό αποτέλεσμα στις επιχειρήσεις να είναι θετικό (δηλαδή το κόστος παραγωγής τείνει να αυξηθεί αφού ενσωματώσει το επιπλέον κόστος από τις επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας).

Στο GEM-E3 γίνεται η υπόθεση ότι ο καταναλωτής μπορεί να επενδύσει σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες είναι ενσωματωμένες στα ενεργειακά αγαθά. Παραμένοντας της ζήτησης για τα αγαθά αυτά σταθερός, ο καταναλωτής θα χρησιμοποιεί λιγότερο ενεργειακά αγαθά. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της απόκτησης διαρκών αγαθών τα οποία είναι ενεργειακώς πιο αποδοτικά. Υποθέτουμε επίσης ότι το μοναδιαίο κόστος κτήσης των διαρκών αγαθών με καλύτερη ενεργειακή απόδοση θα είναι υψηλότερο. Το υψηλότερο αυτό κόστος αναπαριστά όλα τα υλικά, τις υπηρεσίες και τον μηχανολογικό εξοπλισμό (π.χ. μόνωση των σπιτιών, οικουσκευές υψηλής ενεργειακής κλάσης) που είναι απαραίτητα προκειμένου να επιτευχθεί η ενεργειακή βελτίωση.

Στο επίπεδο της οικονομίας, η επένδυση για τεχνολογίες εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται την επιπρόσθετη ζήτηση για υλικά, εξοπλισμό και υπηρεσίες. Κάθε τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας έχει διαφορετική δομή όσο αφορά τα αγαθά και τις υπηρεσίες που απαιτεί για την κατασκευή και εγκατάσταση της στον τελικό καταναλωτή. Στο υπόδειγμα η κατασκευή κάθε τεχνολογίας μεταφράζεται σε ζήτηση για συγκεκριμένα προϊόντα και υπηρεσίες μέσω ενός πίνακα σταθερών συντελεστών.

Η οικονομία πρέπει να παρέχει τα προϊόντα που απαιτούνται για την κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας. Η εγχώρια παραγωγή και οι εισαγωγές (τόσο από τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη και από τον υπόλοιπο κόσμο) είναι οι πηγές τροφοδότησης αυτών των προϊόντων. Στο υπόδειγμα το μείγμα εγχωρίως παραγόμενων και εισαγόμενων προϊόντων υπολογίζεται ενδογενώς, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις σχετικές τιμές και κόστη παραγωγής.

Η επένδυση σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας συνεπάγεται επίσης και την ανεύρεση επιπρόσθετης χρηματοδότησης. Αυτό είναι ανεξάρτητο από την χρηματοδότηση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Μία υπόθεση είναι ότι τα επιπλέον κεφάλαια

μπορούν να αντληθούν από δανεισμό του δημοσίου (είτε εγχώριο είτε εξωτερικό). Μια αύξηση στον δανεισμό του δημοσίου θα είναι απαραίτητη προκειμένου να γίνει η χρηματοδότηση του δημοσίου ελλείμματος που θα προκύψει από την στήριξη των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Το ίδιο πρόβλημα θα υπήρχε στην οικονομία ακόμα και αν υποθέταμε ότι οι επιχειρήσεις αυτοχρηματοδοτούσαν τις επενδύσεις σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας μεταβιβάζοντας την αύξηση του κόστους παραγωγής στον τελικό καταναλωτή. Σε κάθε μία από τις παραπάνω υποθέσεις το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών θα άλλαζε σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος, από την αύξηση της γενικής φορολογίας του κράτους μέχρι και την αύξηση των επιτοκίων. Είναι προφανές ότι στο υπόδειγμα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι μακροχρόνιες επιπτώσεις από την αποπληρωμή του δανείου ή την εξισορρόπηση του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών (σε αντίθετη περίπτωση η εφαρμογή του υποδείγματος θα υποτιμούσε τις επιπτώσεις από τη υλοποίηση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας). Το θέμα αυτό αντιμετωπίστηκε ως εξής:

Η χρηματοδότηση των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας γίνεται από τις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά. Κάθε νοικοκυριό και επιχείρηση πληρώνει έναν εικονικό φόρο ανάλογο με την ενεργειακή του κατανάλωση.

Τα έσοδα που προκύπτουν από τον φόρο αυτό συγκεντρώνονται από το κράτος και χρησιμοποιούνται προκειμένου να χρηματοδοτήσουν τις απώλειες των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων που προκύπτουν από το επιπλέον κόστος παραγωγής.

Σύμφωνα με αυτόν τον μηχανισμό χρηματοδότησης το κράτος κατανέμει τα έσοδα που προκύπτουν από την επιβολή του φόρου στην ενεργειακή κατανάλωση, μεταξύ της ζήτησης για αγαθά και υπηρεσίες οι οποίες είναι απαραίτητες για την παραγωγή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Ουσιαστικά ο ρόλος του κράτους είναι καθαρά αναδιανεμητικός όσο αφορά στην κατανομή των χρηματοροών (από την άριστη τοποθέτηση στο σενάριο αναφοράς στις συγκεκριμένες δαπάνες εξοικονόμησης ενέργειας).

Στο υπόδειγμα GEM-E3 (ανάλογα με την επιλογή κλεισίματος) το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών μπορεί είτε να είναι ελεύθερο και το επιτόκιο δανεισμού να είναι σταθερό είτε να είναι σταθερό και το επιτόκιο δανεισμού ελεύθερο. Στην αξιολόγηση σεναρίων πολιτικής με το υπόδειγμα είναι απαραίτητο να επιβάλουμε ένα νομισματικό περιορισμό ούτως ώστε

τα σενάρια αυτά να είναι συγκρίσιμα με το σενάριο αναφοράς. Για παράδειγμα αν το σενάριο υλοποίησης προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του εξωτερικού δανεισμού της Ε.Ε. προκειμένου να χρηματοδοτηθεί μέρος της δραστηριότητας αυτής, τότε η οικονομία της Ε.Ε. θα βρεθεί σε καλύτερη θέση αφού θα βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα χωρίς να χρειάζεται να μειώσει τόσο την χρηματοδότηση στις άλλες οικονομικές δραστηριότητες. Αυτό συνεπάγεται υψηλότερο έλλειμμα στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο. Επειδή λοιπόν οι οικονομικές επιπτώσεις στην Ε.Ε. επηρεάζονται άμεσα από τα επιπρόσθετα κεφάλαια που λαμβάνει η Ε.Ε. από το εξωτερικό δεν θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του σεναρίου πολιτικής με τα αποτελέσματα του σεναρίου αναφοράς. Προκειμένου να γίνει εφικτή η σύγκριση των δύο σεναρίων επιβάλλεται στο υπόδειγμα ένας επιπλέον νομισματικός περιορισμός. Στην παρούσα μελέτη το βασικό επιτόκιο δανεισμού αποτελεί την εξισορροπητική μεταβλητή του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών (το οποίο είναι σαν ποσοστό του ΑΕΠ σταθερό σε σχέση με το σενάριο αναφοράς).

Σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς, το σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας συνεπάγεται υψηλότερη επένδυση σε μηχανολογικό εξοπλισμό η οποία μεταφράζεται σε υψηλότερη ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες και επομένως αύξηση τόσο της συνολικής δραστηριότητας όσο και της απασχόλησης. Η εξοικονόμηση ενέργειας συνεπάγεται μειωμένη χρήση ενέργειας και επομένως μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

Η επένδυση σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας συνεπάγεται υψηλότερα κόστη ανά μονάδα παρεχόμενης ενέργειας σε όλους τους κλάδους. Τα υψηλότερα αυτά κόστη αντανακλώνται στις τιμές των εγχωρίως παραγόμενων προϊόντων και προκαλούν απώλεια ανταγωνιστικότητας των προϊόντων της Ε.Ε. στην διεθνή αγορά, επομένως οι εισαγωγές της Ε.Ε. αυξάνονται και οι εξαγωγές μειώνονται. Αυτό είναι το αποτέλεσμα τιμής το οποίο επιδρά αρνητικά τόσο στην εγχώρια δραστηριότητα όσο και στην απασχόληση.

Η αύξηση της εγχώριας δραστηριότητας προκαλεί υψηλότερη ζήτηση εργασίας και ωθεί σε αύξηση των τιμών. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η έκδοση του υποδείγματος που χρησιμοποιείται σε αυτό το σενάριο περιλαμβάνει ατέλειες στην αγορά εργασίας. Συγκεκριμένα η έννοια της ανεργίας έχει ενσωματωθεί στο υπόδειγμα ακολουθώντας την μεθοδολογία των Shapiro-Stiglitz (1984). Έτσι η αύξηση των μισθών, λόγω αυξημένης

ζήτησης ανθρώπινου δυναμικού, δεν είναι τόσο έντονη όσο θα ήταν κάτω από συνθήκες πλήρους απασχόλησης. Η αύξηση των μισθών επιδρά αρνητικά στην συνολική απασχόληση και αυξάνει το κόστος παραγωγής οδηγώντας σε περεταίρω μείωση της ανταγωνιστικότητας της Ε.Ε.

Οι απαιτούμενες επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ή αύξηση της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών μεταφράζονται σε υψηλότερες, από ότι στο σενάριο αναφοράς, επενδύσεις στο σύνολο της οικονομίας. Συνεπώς η ζήτηση κεφαλαίου αυξάνεται δημιουργώντας πίεση στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών το οποίο διατηρείται σταθερό μέσω της μεταβολής του επιτοκίου. Αυτή η μεταβολή επηρεάζει την επένδυση σε όλους τους κλάδους της οικονομίας αυξάνοντας το κόστος κεφαλαίου. Η αύξηση αυτή αποτελεί ένα επιπρόσθετο παράγοντα στην μείωση της ανταγωνιστικότητας της Ε.Ε..

Η υποκατάσταση εισαγόμενων αγαθών (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακα) με αγαθά εγχωρίως παραγόμενα (τα υλικά και οι υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για την κατασκευή και εγκατάσταση του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας) συνεπάγονται υψηλότερη χρήση κεφαλαίου και εργασίας ανά μονάδα ΑΕΠ. Λόγω όμως του περιορισμένου αποθέματος των δύο αυτών πόρων το σχετικό κόστος τους σε σχέση με τους υπόλοιπους συντελεστές παραγωγής αυξάνει.

### 7.2.2 Τα αποτελέσματα του σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας

Η υλοποίηση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας σημαίνει αύξηση της ζήτησης για αγαθά και υπηρεσίες που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας. Μέρος του εξοπλισμού αυτού όπως ηλεκτρικά αγαθά, μηχανολογικός εξοπλισμός υπηρεσίες χρηματοδότησης και εγκατάστασης παράγεται εντός της Ε.Ε. αυξάνοντας έτσι την παραγωγή και την απασχόληση. Σε πρώτο στάδιο η υλοποίηση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας δημιουργεί μεγέθυνση στην οικονομία μέσω αύξησης της ζήτησης (μέσω του πολλαπλασιαστή). Το μέγεθος της μεγέθυνσης αυτής εξαρτάται τόσο από το ύψος όσο και από την δομή των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας, Η υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικότερων τεχνολογιών από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρισμού και καυσίμων και επομένως σε χαμηλότερες εισαγωγές ενεργειακών αγαθών (-19% κατά μέσο όρο).

Η επιπλέον επένδυση σε εξοπλισμό εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς αυξάνει με έμμεσο τρόπο την τιμή του ηλεκτρισμού (οι επενδύσεις εξοικονόμησης χρηματοδοτούνται από ένα φόρο που επιβάλλεται στην κατανάλωση ενέργειας). Ο ηλεκτρισμός είναι πιο ακριβός σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, καθ' όλη την περίοδο της προσομοίωσης προκαλώντας έτσι αύξηση του συνολικού κόστους παραγωγής. Αυτό έχει αρνητική επίπτωση στην ανταγωνιστικότητα της Ε.Ε. με αποτέλεσμα την πτώση των εξαγωγών και την αύξηση των εισαγωγών, ιδιαίτερα για τα ενεργοβόρα προϊόντα.

Το κόστος παραγωγής αυξάνεται σε όλους τους τομείς στην οικονομία της Ε.Ε. όχι μόνο λόγω των υψηλών τιμών ηλεκτρικού αλλά και εξαιτίας των υψηλότερων, από το σενάριο αναφοράς, μισθών. Η αυξημένη παραγωγή εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας αυξάνει την ζήτηση για εργασία οδηγώντας την συνολική απασχόληση<sup>67</sup> και τους μισθούς σε υψηλότερα επίπεδα. Η ζήτηση εργασίας αυξάνει επιπλέον και λόγω του αποτελέσματος υποκατάστασης με την ενέργεια: οι παραγωγικοί τομείς χρησιμοποιούν τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας για να χρησιμοποιήσουν πιο έντονα άλλους συντελεστές παραγωγής.

Οι αλλαγές στο μοτίβο ενεργειακής κατανάλωσης και τεχνολογίας, που προκύπτει από την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, οδηγεί σε υποκατάσταση των εισαγόμενων ενεργειακών προϊόντων με εγχωρίως παραγόμενα αγαθά. Αυτό μεταφράζεται σε αυξημένη ζήτηση και για τους δύο πρωταρχικούς συντελεστές που οδηγεί σε αύξηση των τιμών τους. Έτσι το αποτέλεσμα ζήτησης που οδηγεί σε υψηλότερες τιμές συντελεστών παραγωγής συνδυαζόμενο με τις υψηλότερες τιμές ηλεκτρισμού οδηγεί σε υψηλότερα τιμές των προϊόντων της Ε.Ε. σε σχέση με αυτά του υπόλοιπου κόσμου. Οι όροι εμπορίου της Ε.Ε. αυξάνουν και ως αποτέλεσμα η ανταγωνιστικότητας της επιδεινώνεται. Έτσι η Ε.Ε. εξάγει λιγότερο και εισάγει περισσότερο. Οι συνολικές εισαγωγές αυξάνουν και λόγω της αυξημένης ζήτησης για ενδιάμεσα ή τελικά αγαθά που αφορούν στον εξοπλισμό

---

<sup>67</sup> Αυτή ή έκδοση του υποδείγματος ενσωματώνει ατέλειες στην αγορά εργασίας (i.e. μη ηθελημένη ανεργία).

εξοικονόμησης ενέργειας. Η μείωση των εισαγωγών των ενεργειακών αγαθών δεν επαρκεί για την μείωση των συνολικών εισαγωγών αφού ξεπερνιούνται από την αύξηση των εισαγωγών για μη ενεργειακά αγαθά. Η απώλεια ανταγωνιστικότητας είναι ο κύριος λόγος της μείωσης της συνολικής δραστηριότητας (-0,19% ΑΕΠ) της Ε.Ε. το 2020.

Τα δυναμικά αποτελέσματα του σεναρίου παρουσιάζουν διαφοροποιημένες επιπτώσεις στο ΑΕΠ κατά την περίοδο 2010-2030. Η αρνητική επίπτωση στο ΑΕΠ (-0,19%) το 2020 αλλάζει σε θετική (+0,17%) το 2030. Τα δυναμικά στοιχεία της πολιτικής εξοικονόμησης ενέργειας είναι τέτοια που μεσοπρόθεσμα (2020) ο κύριος όγκος των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας έχει υλοποιηθεί. Έπειτα από αυτήν την ημερομηνία ο όγκος των επενδύσεων πέφτει και ο ήδη εγκατεστημένος εξοπλισμός έχει αρχίσει να μειώνει τις δαπάνες για ενέργεια. Τα οφέλη από την μείωση των ενεργειακών δαπανών είναι σωρευτικά και επικρατούν των αρνητικών επιπτώσεων από την επιδείνωση της ανταγωνιστικότητας με αποτέλεσμα το ΑΕΠ έπειτα από το 2020 να αυξάνεται (σε σχέση με το σενάριο αναφοράς).

Τα νοικοκυριά χρησιμοποιούν μέρος του εισοδήματός τους προκειμένου να επενδύσουν σε εξοπλισμό εξοικονόμησης ενέργειας, αποκλίνοντας από το καταναλωτικό μοτίβο που είχαν στο σενάριο αναφοράς. Επιδιώκοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνουν τις δαπάνες τους για αγαθά διαρκείας. Το επιπλέον κόστος κτήσης των διαρκών αγαθών δεν αντανakλά μια επιπλέον υπηρεσία που λαμβάνει ο καταναλωτής αλλά μόνο την βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση. Αυτό σημαίνει ότι το νοικοκυριό δαπανά μεγαλύτερο ποσό για την απόκτηση του ίδιου αγαθού/υπηρεσίας από ότι στο σενάριο αναφοράς. Επομένως η ισοδύναμη μεταβολή στην ευημερία του καταναλωτή είναι αρνητική για τα πρώτα χρόνια υλοποίησης του προγράμματος. Προς το τέλος της εφαρμογής του προγράμματος 2025,2030 τα έσοδα που προκύπτουν από την σωρευτική εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιούνται για κατανάλωση μη ενεργειακών αγαθών. Παράλληλα οι μεταβολές στην αγορά εργασίας (αύξηση των μισθών) συνεισφέρουν θετικά στην ενδυνάμωση της εγχώριας ζήτησης και αύξησης της κατανάλωσης. Να σημειωθεί ότι η αύξηση της τιμής των καταναλωτικών αγαθών είναι μικρότερη σε σχέση με την αύξηση των μισθών. Ο συνδυασμός των παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα μια θετική επίπτωση στην ευημερία του καταναλωτή προς το τέλος της περιόδου προσομοίωσης.

Η εξοικονόμηση ενέργειας συνεπάγεται μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και επομένως μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Η μείωση αυτή υπολογίζεται σε 18.94% για το CO<sub>2</sub> το 2020 και 20.24% το 2030 σε σχέση με τα επίπεδα του σεναρίου αναφοράς. Η συνάρτηση ευημερίας του καταναλωτή δεν περιλαμβάνει τα οφέλη που προκύπτουν από την μείωση των εκπομπών και την βελτίωση του περιβάλλοντος.



Πίνακας 7-6: Αποτελέσματα σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (Ε.Ε.)

%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	2020	2030
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	-0,19	0,17
Επενδύσεις	0,34	0,32
Ιδιωτική κατανάλωση	0,08	0,74
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	-0,97	-1,06
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	0,50	0,31
Όροι εμπορίου	1,23	1,43
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	0,00	0,01
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-18,9	-20,2
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-21,8	-23,7
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	-21,9	-25,1
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-16,4	-17,4
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	0,18	0,06
Πραγματικός μισθός (Εργατοώρα)	0,34	0,66
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	0,92	1,27

Πηγή: GEM-E3

Πίνακας 7-7: Αποτελέσματα σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας ανά χώρα

%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	-0,30	0,05	0,29	0,97	0,45	0,35	0,85	1,00
Βέλγιο	-0,15	0,17	0,29	0,58	0,12	-0,05	0,06	0,00
Βουλγαρία	-0,39	0,21	-0,86	1,29	0,18	0,15	0,65	1,12
Γερμανία	-0,04	0,18	-0,14	0,26	0,06	-0,03	0,29	0,15
Δανία	-0,28	0,07	0,08	0,84	0,09	-0,05	-0,05	-0,11
Φλανδία	-0,32	0,30	0,68	1,56	0,24	0,09	0,45	0,70
Γαλλία	-0,31	0,24	0,25	1,15	0,07	-0,04	0,05	0,13
Ελλάδα	-0,27	0,09	-0,32	0,91	0,01	0,01	0,02	0,11
Ιταλία	-0,17	0,18	0,31	0,14	0,35	0,15	0,46	0,13
Ιρλανδία	-0,15	0,06	-1,02	-0,02	0,06	-0,06	0,09	-0,23
Ολλανδία	-0,23	0,22	-0,07	0,40	0,33	0,16	0,31	0,20
Πορτογαλία	-0,42	0,34	-0,49	0,91	0,52	0,56	1,12	1,49
Ισπανία	-0,22	0,24	-0,07	1,54	0,23	0,12	0,59	0,78
Σουηδία	-0,19	0,08	0,70	0,98	0,07	-0,09	0,14	0,03
Ηνωμένο Βασίλειο	-0,19	0,04	-0,07	-0,04	0,24	0,05	0,23	0,17
Ουγγαρία	-0,42	0,30	-0,73	0,63	0,22	0,11	0,76	0,76
Πολωνία	-0,12	0,34	0,28	1,27	0,12	0,06	0,71	0,91
Ρουμανία	-0,27	0,42	-0,01	0,93	0,14	0,02	0,42	0,72
Σλοβενία	-0,31	0,24	-0,50	0,95	0,28	0,10	0,96	1,11
Τσεχία	-0,16	0,19	-1,00	-0,35	0,17	0,07	0,55	0,45
Σλοβακία	-0,12	0,35	-0,90	0,81	0,42	0,39	1,67	2,06
Εστονία	-0,14	0,16	-0,60	-0,31	0,09	-0,07	0,37	0,41
Λετονία	-0,48	0,14	-0,22	0,68	0,15	0,07	0,41	0,34
Λιθουανία	-0,17	0,25	-1,78	0,35	0,14	0,04	0,14	0,59
ΕΕ24	-0,19	0,17	0,08	0,74	0,18	0,06	0,34	0,32

Πηγή: GEM-E3

### 7.3 Συμπεράσματα

Οι επιπτώσεις του προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας για την οικονομία της Ε.Ε. προσδιορίζονται από το αποτέλεσμα ζήτησης και το αποτέλεσμα εξοικονόμησης. Το αποτέλεσμα εξοικονόμησης οδηγεί σε μία μόνιμη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην παραγωγική διαδικασία αλλά και στην κατανάλωση των νοικοκυριών ενώ το αποτέλεσμα ζήτησης οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης των αγαθών που απαιτούνται για την κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας.

Η κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας μεταφράζεται σε αυξημένη ζήτηση για υλικά και υπηρεσίες μέρος των οποίων παράγεται εντός της Ε.Ε. αλλά και σε αύξηση

του κόστους παραγωγής. Η αύξηση στην ζήτηση ωθεί την δραστηριότητα και την απασχόληση προς τα πάνω ενώ η αύξηση του κόστους συνεπάγεται απώλεια ανταγωνιστικότητας στην οικονομία. Αυτά τα αποτελέσματα δεν είναι μόνιμα με την έννοια ότι με την πάροδο της υλοποίησης του κύριου όγκου του επενδυτικού προγράμματος τα αποτελέσματα της ζήτησης μετριάζονται οδηγώντας τις τιμές των συντελεστών παραγωγής σε χαμηλότερα επίπεδα. Τα αποτελέσματα όμως της εξοικονόμησης ενέργειας είναι μόνιμα στη οικονομία οδηγώντας τόσο σε χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου όσο και σε χαμηλότερα επίπεδα ενεργειακής κατανάλωσης. Μακροπρόθεσμα τόσο τα νοικοκυριά όσο και οι επιχειρήσεις απελευθερώνουν πόρους, οι οποίοι στο σενάριο αναφοράς χρησιμοποιούνταν για την κατανάλωση ενέργειας, και τους χρησιμοποιούν προκειμένου να υλοποιήσουν νέες επενδύσεις ή να αυξήσουν την κατανάλωση μη ενεργειακών αγαθών. Συνεπώς το αποτέλεσμα στο ΑΕΠ είναι αρνητικό βραχυπρόθεσμα αλλά θετικό μακροπρόθεσμα.

**Πίνακας 7-8: Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας υπό το σενάριο υψηλών τιμών ορυκτών καυσίμων.**

	2020	2030
<i>%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς</i>		
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	-0,17	0,21
Επενδύσεις	0,33	0,38
Ιδιωτική κατανάλωση	0,76	1,74
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	-1,83	-2,30
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	1,30	1,37
Όροι εμπορίου	2,49	0,03
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	-0,04	-0,08
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-17,9	-18,9
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-20,4	-21,9
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	-21,2	-24,1
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-15,8	-16,9
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	0,13	-0,03
Πραγματικός μισθός (Εργατούρα)	0,86	1,44
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	1,20	1,71

Πηγή: GEM-E3

%μεταβολή από το σενάριο ανακροάς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	-0,37	-0,06	0,79	1,72	0,37	0,22	0,76	0,92
Βέλγιο	-0,13	0,22	0,97	1,61	0,09	-0,12	0,05	0,08
Βουλγαρία	-0,42	0,27	-0,48	2,05	0,12	0,07	0,61	1,13
Γερμανία	0,00	0,25	0,53	1,23	0,04	-0,08	0,27	0,21
Δανία	-0,28	0,05	0,52	1,52	0,01	-0,17	-0,07	-0,11
Φλανδία	-0,32	0,32	1,09	2,21	0,17	-0,01	0,43	0,78
Γαλλία	-0,26	0,31	0,80	1,94	0,03	-0,11	0,03	0,22
Ελλάδα	-0,25	0,09	0,20	1,74	-0,04	-0,07	0,03	0,16
Ιταλία	-0,10	0,29	1,05	1,13	0,38	0,12	0,49	0,32
Ιρλανδία	-0,18	0,03	-0,63	0,59	0,01	-0,12	0,10	-0,22
Ολλανδία	-0,25	0,21	0,53	1,26	0,27	0,06	0,29	0,19
Πορτογαλία	-0,48	0,31	0,07	1,81	0,40	0,40	1,10	1,49
Ισπανία	-0,25	0,19	0,60	2,51	0,13	-0,04	0,55	0,77
Σουηδία	-0,20	0,08	1,20	1,72	-0,01	-0,22	0,16	0,10
Ηνωμένο Βασίλειο	-0,21	0,03	0,41	0,66	0,13	-0,11	0,24	0,19
Ουγγαρία	-0,37	0,38	-0,15	1,44	0,16	0,03	0,66	0,57
Πολωνία	-0,06	0,51	0,77	2,07	0,09	0,04	0,79	1,16
Ρουμανία	-0,26	0,52	0,40	1,70	0,10	-0,04	0,42	0,81
Σλοβενία	-0,38	0,20	0,03	1,77	0,12	-0,11	0,85	1,14
Τσεχία	-0,12	0,31	-0,35	0,69	0,09	-0,01	0,55	0,52
Σλοβακία	-0,37	0,17	-0,32	1,82	0,27	0,23	1,55	1,88
Εστονία	-0,23	0,04	-0,09	0,52	-0,03	-0,23	0,42	0,45
Λετονία	-0,52	0,15	0,18	1,33	0,08	-0,02	0,45	0,45
Λιθουανία	-0,23	0,25	-1,47	1,08	0,07	-0,05	0,21	0,76
ΕΕ24	-0,17	0,21	0,76	1,74	0,13	-0,03	0,33	0,38

Πηγή: GEM-E3

#### 7.4 Σενάριο ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η παρούσα μελέτη επιχειρεί την ανάλυση των μακροοικονομικών επιπτώσεων της νέας πολιτικής της Ε.Ε. για την ενέργεια και το περιβάλλον που υιοθετήθηκε στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Ιανουαρίου του 2009 και προβλέπει την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της ΕΕ έως το 2020 (όπως ποσοτικοποιήθηκε από την EUROSTAT). Η απόφαση του Συμβουλίου δεν συγκεκριμενοποιεί τις μορφές ΑΠΕ που θα πρέπει να διεισδύσουν (ή να ενισχυθούν) σε κάθε τομέα, αλλά περιλαμβάνει ένα σχέδιο καταμερισμού των υποχρεώσεων με συγκεκριμένους στόχους για κάθε κράτος μέλος, με απώτερο σκοπό την κάλυψη σε επίπεδο ΕΕ του 20% των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ, εξασφαλίζοντας παράλληλα 10% συμμετοχή των ΑΠΕ στις μεταφορές. Ο στόχος αυτός ποσοτικοποιείται ως ισόποση

ποσοστιαία αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ σε κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ, με την επιπρόσθετη συνδρομή ενός ισοδύναμου παράγοντα βασισμένου στο κατά κεφαλήν ΑΕΠ (50-50). Η προϋπόθεση της ισοδυναμίας των δυο αυτών παραγόντων είναι πιθανό να οδηγήσει σε μη αποδοτική ως προς το κόστος κατανομή της προσπάθειας για ΑΠΕ. Η δημιουργία όμως ενός συστήματος εμπορίας πιστοποιητικών προέλευσης για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές θα μπορούσε να προωθήσει την ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικότερη εφαρμογή των ΑΠΕ. Η μοντελοποίηση στο πλαίσιο του εξεταζόμενου σεναρίου πολιτικής προσομοιώνει έναν τέτοιο μηχανισμό εμπορίου. Οι εθνικοί συνολικοί στόχοι για το μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας κάθε κράτους-μέλους καθώς και οι αντίστοιχες πολιτικές προώθησης τεχνολογιών ΑΠΕ εμπίπτουν στην αποκλειστική αρμοδιότητα του εκάστοτε κράτους-μέλους.

Για την αποτίμηση του μακροοικονομικού κόστους της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ΕΕ, η παρούσα μελέτη ποσοτικοποίησε ένα σενάριο πολιτικής που προβλέπει την επίτευξη του 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2020 και την επίτευξη του 10% της συνολικής κατανάλωσης υγρών καυσίμων στις οδικές μεταφορές από βιοκαύσιμα το ίδιο έτος. Η ανάλυση συνεχίζεται μέχρι το 2030 με την υπόθεση ότι οι στόχοι αυτοί εντατικοποιούνται (25% για ΑΠΕ και 12% για βιοκαύσιμα).

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο με μοντέλα μερικής ισορροπίας όσο και με μοντέλα εισροών εκροών (Aggidis et al. 2007, Kamman et al. 2006), έχουν δείξει ότι η διεύθυνση των ΑΠΕ μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην απασχόληση και στην εγχώρια δραστηριότητα σε σχέση με την προώθηση συμβατικών μορφών ενέργειας. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από την μελέτη της πολλαπλασιαστικής επίπτωσης που έχει στην οικονομία η εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σχέση με την αντίστοιχη επίπτωση από την μείωση της χρήσης συμβατικών τεχνολογιών. Υποστηρίζεται δηλαδή ότι η κατασκευή, η εγκατάσταση και η συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού των ΑΠΕ είναι μεγαλύτερης εντάσεως εργασίας σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες. Στο πλαίσιο της γενικής ισορροπίας η μελέτη των επιπτώσεων από την διεύθυνση των ΑΠΕ είναι αρκετά σύνθετη αφού πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν όχι μόνο η αρχική πολλαπλασιαστική επίδραση από την εγκατάσταση των ΑΠΕ αλλά και οι δευτερεύουσες επιπτώσεις που αφορούν στην

προσαρμογή των αγορών εργασίας και κεφαλαίου καθώς και τις συνολικές επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα της οικονομίας.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ πέραν του επιπέδου ισορροπίας της αγοράς συνεπάγεται υψηλότερο κόστος ανά μονάδα ενέργειας σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς. Στον μακροχρόνιο ορίζοντα όμως κάτι τέτοιο τείνει να μην ισχύει, καθώς από την εφαρμογή των τεχνολογιών ΑΠΕ προκύπτουν σημαντικά οφέλη τόσο από τις οικονομίες κλίμακας (*learning by doing*) όσο και από την ενίσχυση της καινοτομίας (*learning by research*). Η παρούσα μελέτη υποθέτει ότι στον χρονικό ορίζοντα 2005-2030 δεν επιτυγχάνεται ανταγωνιστική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ σε βαθμό που να καλύψει τον στόχο του 20%. Αν ίσχυε αυτό, τότε το 20% μερίδιο θα μπορούσε να επιτευχθεί ήδη στο σενάριο αναφοράς.

Η αυξημένη παροχή ενέργειας από ΑΠΕ οδηγεί σε μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, μειώνοντας την εξάρτηση από ενεργειακές εισαγωγές σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς. Επομένως, η ανάπτυξη των ΑΠΕ επιφέρει την υποκατάσταση ενός μέρους του, κυρίως εισαγόμενου, προϊόντος της ενέργειας από εγχωρίως παραγόμενα αγαθά και υπηρεσίες. Αυτή η δυνατότητα υποκατάστασης αναμένεται αφενός ότι θα ενισχύσει την εγχώρια παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, και από την άλλη πλευρά, αναμένεται να προκαλέσει επιπρόσθετο κόστος για την οικονομία, λόγω της υψηλότερης τιμής του ηλεκτρισμού.

Η παραπάνω ανάλυση τεκμηριώνει ότι η χρήση των μοντέλων γενικής ισορροπίας για την μελέτη της ανάπτυξης των ΑΠΕ αποτελεί ένα σύνθετο εγχείρημα, καθώς γίνεται εμφανές ότι κάποιες από τις επερχόμενες αλλαγές ενδέχεται να αποδώσουν οφέλη για την οικονομική δραστηριότητα και την απασχόληση, ενώ κάποιες άλλες να προκαλέσουν απώλειες. Η σχετική βιβλιογραφία επικεντρώνεται στη μελέτη των άμεσων (μικρο-οικονομικών) επιπτώσεων καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ ευνοεί την απασχόληση και την δραστηριότητα. Λίγες είναι οι μελέτες που εξετάζουν την αλληλουχία των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων στην οικονομία.

#### 7.4.1 Μεθοδολογία

Οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναπαρίστανται κατά τρόπο συγκεντρωτικό στο GEM-E3 και ορίζονται σύμφωνα με το μεθοδολογικό πλαίσιο του Πίνακα Κοινωνικής

Λογιστικής (Social Accounting Matrix – SAM) όπως προβλέπεται από την μεθοδολογία των μοντέλων γενικής ισορροπίας. Η ενεργειακή ανάλυση κατατάσσει τις μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε τέσσερις κατηγορίες: ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή (υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή, βιομάζα και απορρίμματα βιομάζας, παλιρροϊκή, γεωθερμική), ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια για οικιακή θέρμανση, βιομάζα και απορρίμματα ως καύσιμο σε βιομηχανικούς και οικιακούς λέβητες και τέλος βιοκαύσιμα αναμεμιγμένα με παράγωγα πετρελαιοειδών για χρήση στις μεταφορές. Οι μορφές ΑΠΕ δεν διαχωρίζονται σαφώς στις οικονομικές στατιστικές περιλαμβανομένων των πινάκων εισροών-εκροών που εφαρμόζονται στην κατασκευή οικονομικών μοντέλων όπως το GEM-E3. Για την βελτίωση της αναπαράστασης των ΑΠΕ στο GEM-E3 ήταν αναγκαίες τόσο κάποιες στατιστικές προσαρμογές όσο και κάποιες αλλαγές στη δομή της μοντελοποίησης. Οι αλλαγές αυτές περιγράφονται συνοπτικά στις επόμενες παραγράφους.

Ο ηλεκτρικός τομέας (πιο συγκεκριμένα οι τομείς ηλεκτρικού και διανομής, δεδομένου ότι οι δυο αυτοί τομείς αθροίζονται στην στατιστική ονοματολογία των οικονομικών δραστηριοτήτων NACE που ακολουθούν οι πίνακες εισροών-εκροών που δημοσιεύει η Eurostat) υποδιαιρείται στην βάση δεδομένων του GEM-E3 σε υποτομείς. Κάθε υποτομέας αντιστοιχεί σε μία πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και ενέργεια από ΑΠΕ) και χρησιμοποιεί διαφορετικό μείγμα εισροών. Για παράδειγμα, ο υποτομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα ως εισροή, αλλά κυρίως κεφάλαιο και εργασία. Οι εκροές των υποτομέων (που αντιστοιχούν στην παραγωγή ηλεκτρισμού από διαφορετικές τεχνολογίες) αποτελούν εισροές του ηλεκτρικού τομέα στον οποίο πραγματοποιείται το μείγμα των διαφορετικών τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής. Όπως υπαγορεύει η λογική του μοντέλου, όλες οι χρήσεις των συντελεστών παραγωγής (το μείγμα των εισροών ανά τομέα) καθορίζονται ενδογενώς με βάση τις σχετικές τιμές των συντελεστών, την τεχνολογική πρόοδο και τις παραμέτρους βαθμονόμησης του μοντέλου.

Η δομή της ταξινόμησης των πινάκων εισροών-εκροών που δημοσιεύει η Eurostat δεν πραγματοποιεί σαφή διάκριση μεταξύ αγροτικών καλλιεργειών για παραγωγή τροφίμων ή ενεργειακών καλλιεργειών (π.χ. καλλιέργεια βιομάζας για απευθείας καύση ή για παραγωγή βιοκαυσίμου). Ομοίως, η ταξινόμηση δεν κατηγοριοποιεί τη χρήση απόβλητων ή

ανακυκλωμένων υλικών για ενεργειακούς σκοπούς. Ιδανικά, τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν στον αγροτικό τομέα θα έπρεπε να διαιρούνται σε υποτομείς ανάλογα με την τελική χρήση του παραγόμενου αγροτικού προϊόντος, το οποίο θα έπρεπε εν συνεχεία να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία στο πλαίσιο των πινάκων εισροών-εκροών ως διακεκριμένο προϊόν και εν τέλει να κατανεμηθεί στην κατανάλωση είτε άλλων παραγωγικών τομέων είτε των νοικοκυριών. Αυτή η στατιστική προεργασία δεν έχει πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, οπότε έχει υποθεθεί ότι υπάρχει ένας ενιαίος αγροτικός τομέας και ένα αγροτικό προϊόν. Αυτό βέβαια συνιστά έναν περιορισμό στην παρούσα ανάλυση. Προκειμένου να αναπαρασταθεί η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των απορριμμάτων βιομάζας και των βιοκαυσίμων στο πλαίσιο του σεναρίου ανάπτυξης των ΑΠΕ, οι παράμετροι κλίμακας (scale parameters) των συναρτήσεων παραγωγής και κατανάλωσης του μοντέλου προσαρμόστηκαν με βάση τα αριθμητικά μερίδια που προέκυψαν από τους υπολογισμούς ενός ενεργειακού μοντέλου το οποίο είχε λεπτομερή αναπαράσταση της παραγωγής και ζήτησης βιομάζας. Έτσι, ως εναλλακτική προσέγγιση της μοντελοποίησης αγροτικών προϊόντων, εισάγεται στο μοντέλο μια παράμετρος που αυξάνει την εξάρτηση σε αγροτικά προϊόντα και προϊόντα ξύλου (π.χ. παλέτες, ροκανίδια) του τομέα των μεταποιήσεων, η λειτουργία του οποίου βασίζεται κυρίως στην παραγωγή ενέργειας για ίδια χρήση (ηλεκτρικό, θερμότητα ή συμπαραγωγή ενέργειας). Είναι βέβαια εμφανές ότι η μεθοδολογία αυτή ίσως καταλήγει σε ατελή εκτίμηση των επιπτώσεων. Μεταβάλλοντας όμως τις τιμές των παραμέτρων κλίμακας και μεριδίων των διαχωρίσιμων συναρτήσεων παραγωγής σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ενεργειακού υποδείγματος PRIMES, είναι εφικτή η εύρεση δυνατοτήτων υποκατάστασης υπέρ των αγροτικών προϊόντων και των προϊόντων ξύλου και μακριά από τα συμβατικά καύσιμα, στο πλαίσιο του σεναρίου ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Η ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια αναπτύσσονται επίσης για τελική οικιακή χρήση και σε κτίρια και νοικοκυριά. Αυτές οι ενεργειακές μορφές δεν αντιστοιχούν σε εμπορεύσιμα αγαθά, οπότε δεν δύναται να αναπαρασταθούν με αυτή τη μορφή στους πίνακες Εισροών-Εκροών. Έτσι, η αναπαράστασή τους στο μοντέλο γίνεται έμμεσα, μέσω της πρόσθετης εξοικονόμησης ενέργειας στη συνάρτηση κατανάλωσης των νοικοκυριών και μέσω της αύξησης της δαπάνης των νοικοκυριών για οικιακό εξοπλισμό (π.χ. ηλιακοί θερμοσίφωνες).



Επιπλέον, η συνάρτηση κατανάλωσης επεκτάθηκε ώστε να συμπεριλάβει την χρήση βιομάζας για την κάλυψη οικιακών ενεργειακών αναγκών. Η βιομάζα παρέχεται από τον αγροτικό τομέα.

Η αποτύπωση της λειτουργίας του τομέα των μεταφορών στους πίνακες Εισροών-Εκροών γίνεται με δυο τρόπους. Οι δημόσιες και εμπορικές μεταφορές αναπαρίστανται ως ένας ενιαίος τομέας, ο οποίος συγκεντρώνει τους κλάδους των σιδηροδρομικών, οδικών (φορτηγά, λεωφορεία), ναυσιπλοϊκών και αεροπορικών μεταφορών. Το προϊόν του τομέα αυτού είναι οι υπηρεσίες μεταφορών και είναι διαθέσιμο προς κατανάλωση από τους υπόλοιπους τομείς του μοντέλου και από τα νοικοκυριά (τελική κατανάλωση). Οι μεταφορές μέσω ιδιωτικών αυτοκινήτων και μοτοσικλετών αποτελούν μέρος της τελικής κατανάλωσης των νοικοκυριών. Η χρήση των βιοκαυσίμων στις δημόσιες και εμπορικές μεταφορές αντιμετωπίζεται ως παραγωγικός συντελεστής που υπάγεται στον αγροτικό τομέα και συντελεί στην παραγωγή υπηρεσιών μεταφορών. Τα αναμεμιγμένα με παράγωγα πετρελαιοειδών βιοκαύσιμα δεν ενσωματώθηκαν τελικά στο μοντέλο. Δεδομένου ότι ο αγροτικός τομέας δεν διαιρείται σε υποτομείς, γίνεται η υπόθεση ότι η παραγωγή των βιοκαυσίμων ακολουθεί το ίδιο μείγμα από συντελεστές παραγωγής (κεφάλαιο, εργασία, ενδιάμεσα αγαθά, ενέργεια) που χρησιμοποιεί και ο αγροτικός τομέας (η κλαδική ταξινόμηση του μοντέλου δεν διαχωρίζει τον αγροτικό τομέα από τον δασικό τομέα και τον τομέα της αλιείας). Το μοντέλο αναπαριστά τα επιβατικά ιδιωτικής χρήσεως αυτοκίνητα και τις μοτοσικλέτες ως διαρκή αγαθά και συνδέει την χρήση τους με τη ζήτηση ενεργειακών προϊόντων και άλλων αγαθών και υπηρεσιών. Η κατανάλωση των βιοκαυσίμων στα επιβατικά ιδιωτικής χρήσεως αυτοκίνητα αντιστοιχεί στην κατανάλωση αγροτικού προϊόντος και όχι στην κατανάλωση βιοκαυσίμου αναμεμιγμένου με παράγωγα πετρελαιοειδών σε διυλιστήρια.

Κατά αντιστοιχία των αποτελεσμάτων του PRIMES, έγινε η υπόθεση ότι ο όγκος των ΑΠΕ είναι μεγαλύτερος από τον όγκο των ενεργειακών προϊόντων που αποκαθιστώνται, ανά μονάδα ενεργειακής υπηρεσίας. Αυτό ισχύει για την βιομάζα, τη θέρμανση από ηλιακή ενέργεια και την γεωθερμική ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τελικό καταναλωτή καθώς και για τα βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Η υπόθεση αυτή εισάγεται στο υπομοντέλο των νοικοκυριών του GEM-E3 μέσω ενός τεχνικού συντελεστή

που εκφράζει ότι ο λόγος του όγκου των ΑΠΕ ανά μονάδα υποκαθιστώμενης συμβατικής ενέργειας είναι μεγαλύτερος της μονάδας.

Τα νοικοκυριά καταναλώνουν αγαθά και υπηρεσίες προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους. Από την κατανάλωση αυτή απολαμβάνουν ικανοποίηση ή χρησιμότητα. Ένα μέρος των αγαθών προσφέρεται για άμεση κατανάλωση, ενώ τα υπόλοιπα εξυπηρετούν μια μακροχρόνια ανάγκη του νοικοκυριού. Η απόφαση των νοικοκυριών για τελική κατανάλωση έχει αρκετά περίπλοκη διάρθρωση στο GEM-E3. Η κατανάλωση μοιράζεται σε ζήτηση για δύο τύπους αγαθών, τα διαρκή και τα μη διαρκή. Τα νοικοκυριά αυξάνουν την χρησιμότητά τους τόσο από την κατανάλωση των μη διαρκών αγαθών όσο και από την χρήση των διαρκών. Το απόθεμα των διαρκών αγαθών μεταβάλλεται δυναμικά ως συνάρτηση των ενδογενών επενδύσεων των νοικοκυριών σε νέα διαρκή αγαθά. Το λειτουργικό κόστος ανά μονάδα νέου διαρκούς αγαθού αποτελεί βασικό παράγοντα στην απόφαση για κατανάλωση των νοικοκυριών. Αυτό το κόστος είναι υψηλότερο στο σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς.

Το απόθεμα κεφαλαίου ανά τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού είναι συνάρτηση της δυναμικής συσσώρευσης κεφαλαιουχικής δαπάνης, η οποία υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε τομέα. Η συνάρτηση επενδύσεων για ένα συγκεκριμένο κλάδο καθορίζεται από την σχετική κερδοφορία του κεφαλαίου στον συγκεκριμένο κλάδο, το κόστος νέου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και τις προσδοκίες για τη μελλοντική ζήτηση του προϊόντος του κλάδου. Αυτή η μεθοδολογική προσέγγιση εφαρμόζεται στους επιμέρους κλάδους της παραγωγής ηλεκτρισμού, συμπεριλαμβανομένου και του κλάδου των ΑΠΕ. Η ίδια λογική διέπει και τις επενδύσεις των νοικοκυριών σε διαρκή αγαθά, όπως σπίτια, ηλεκτρικές συσκευές και αυτοκίνητα. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στον τομέα αυτό συνεπάγεται υψηλότερο κόστος απόκτησης του αντίστοιχου διαρκούς αγαθού (ανά μονάδα ενέργειας), γεγονός που οδηγεί σε σχετικά μικρότερη διαφοροποίηση της σύνθεσης του ενεργειακού μείγματος.

Για την κατασκευή του νέου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού για τις ΑΠΕ (τόσο στους κλάδους παραγωγής όσο και στον κλάδο των νοικοκυριών) απαιτούνται προϊόντα και υπηρεσίες, όπως τσιμέντο, μέταλλα, μηχανολογικός εξοπλισμός και ασφαλιστικές υπηρεσίες. Κάθε τύπος κεφαλαιουχικού εξοπλισμού των ΑΠΕ έχει συγκεκριμένη διάρθρωση όσον αφορά τα επιμέρους προϊόντα και υπηρεσίες. Η δομή αυτή, που αναπαρίσταται στον πίνακα

επενδύσεων του μοντέλου, εκτιμήθηκε και για τους επιμέρους κλάδους παραγωγής ηλεκτρισμού βάσει τεχνικοοικονομικών στοιχείων, και για την επιπρόσθετη δαπάνη για διαρκή αγαθά. Το κόστος ανά μονάδα νέου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού διαφέρει τόσο ανά κλάδο όσο και ανά επιμέρους κλάδο παραγωγής ηλεκτρισμού. Το κόστος αυτό εκτιμήθηκε βάσει της τεχνολογικής βάσης δεδομένων του PRIMES, που περιλαμβάνει χρονικώς μεταβαλλόμενα στοιχεία για το επενδυτικό ανά μονάδα κόστος της κάθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς, το σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ προϋποθέτει μεγαλύτερες επενδύσεις για εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (που κατ' επέκταση σημαίνει μεγαλύτερη ζήτηση για τα αγαθά και υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους), μεγαλύτερη ζήτηση αγροτικών προϊόντων, και μεγαλύτερη ζήτηση για τα συστήματα εξοπλισμού ηλιοθερμικών και γεωθερμικών μονάδων. Επιπλέον, η αυξημένη χρήση των ΑΠΕ συνεπάγεται χαμηλότερη κατανάλωση πετρελαίου, φυσικού αερίου και στερεών καυσίμων, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων εισάγεται.

Συνεπώς, όσον αφορά την άμεση και έμμεση ροή των αγαθών και υπηρεσιών στην οικονομία, το εξεταζόμενο σενάριο προκαλεί αύξηση της εγχώριας παραγωγικής δραστηριότητας (αγαθών και υπηρεσιών), οδηγώντας έτσι σε αύξηση της απασχόλησης σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, που προέβλεπε μεγαλύτερη διείσδυση συμβατικών μορφών ενέργειας οι οποίες κατά βάση εισάγονταν.

Στο συγκεκριμένο συμπέρασμα καταλήγουν και μελέτες που ακολουθούν μικροοικονομική ή λογιστική προσέγγιση, ή χρησιμοποιούν μεθοδολογία Εισροών-Εκροών (ανοιχτής οικονομίας): Aggidis (2007), Kamman (2006), ECOTEC (2002), ESD(2003). Αυτές οι μελέτες αγνοούν τις επακόλουθες επιπτώσεις στις τιμές και στο κόστος, ή το ενδεχόμενο παραγκωνισμού που αναλύονται παρακάτω. Αντίθετα, μελέτες που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο ενός μοντέλου γενικής ισορροπίας καθιστούν εφικτή την εξέταση τέτοιων φαινομένων.

Όσον αφορά την μεθοδολογία, μία σημαντική απόφαση αφορά τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η εισαγωγή στο μοντέλο ενός μηχανισμού που θα επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στο εξεταζόμενο σενάριο, σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς.

Η πλέον εφαρμοσμένη μέθοδος προσομοίωσης του μηχανισμού αυτού λαμβάνει την μορφή ειδικής κρατικής επιδότησης των ΑΠΕ (όπως είναι τα τιμολόγια για εγγυημένες τιμές τροφοδότησης του δικτύου με ανανεώσιμη ενέργεια -feed in tariffs), μέθοδος που μεταβάλλει το σχετικό κόστος των συντελεστών παραγωγής στους διαφορετικούς κλάδους παραγωγής, και των τελικών αγαθών στην τελική κατανάλωση, προκαλώντας έτσι την υποκατάσταση των συμβατικών μορφών ενέργειας προς όφελος των ΑΠΕ.

Αντίθετα, αποφασίστηκε να δοθεί προτεραιότητα στα αποτελέσματα του ενεργειακού υποδείγματος PRIMES όσον αφορά την εξάπλωση των ΑΠΕ και έπειτα να μεταφερθούν τα αποτελέσματα του ενεργειακού υποδείγματος ανά τομέα και χώρα στο GEM-E3. Το μοντέλο κατόπιν επιλύθηκε με σκοπό την ανάλυση στο πλαίσιο γενικής ισορροπίας των επιπτώσεων της πολιτικής για ΑΠΕ στην οικονομική δραστηριότητα, την απασχόληση κτλ. Πιο συγκεκριμένα, τα ακόλουθα αποτελέσματα του PRIMES ενσωματώθηκαν στο GEM-E3 ώστε να γίνει εφικτή η προσομοίωση του σεναρίου πολιτικής για ΑΠΕ από το μοντέλο: α) η διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγικής δραστηριότητας (και της διανεμόμενης θέρμανσης) ανά πηγή, συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ, β) η διάρθρωση των εισροών καυσίμου (συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων) στις δημόσιες και εμπορικές μεταφορές, γ) η διάρθρωση των εισροών καυσίμου (συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ) στις εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης, δ) η διάρθρωση των εισροών καυσίμου (συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων) στα ιδιωτικά αυτοκίνητα και στις μοτοσυκλέτες, ε) η χρήση της βιομάζας και των αποβλήτων του βιομηχανικού κλάδου και του κλάδου των υπηρεσιών. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο GEM-E3 όπως προέκυψαν από τα αποτελέσματα του PRIMES για κάθε χρονική περίοδο έως το 2030.

Οι προαναφερθείσες αλλαγές ενσωματώνονται στο GEM-E3 με την εισαγωγή μίας παραμέτρου διαρθρωτικής μεταβολής στις συναρτήσεις παραγωγής και κατανάλωσης του GEM-E3.

Οι υποκαταστάσεις που προκύπτουν στο σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ (σε σχέση με το σενάριο αναφοράς), αυξάνουν το κόστος ανά μονάδα παραγόμενης υπηρεσίας από ΑΠΕ σε όλους τους κλάδους. Τα δεδομένα σχετικά με το κόστος αυτό, όπως υπολογίζεται μέσω των αποτελεσμάτων του PRIMES για καθεμία από τις ομάδες μείγματος καυσίμου που προαναφέρθηκαν, μεταφέρονται και ενσωματώνονται στο GEM-E3. Έτσι η ανάλυση στο πλαίσιο της γενικής ισορροπίας λαμβάνει υπόψη αυτές τις διαφοροποιήσεις στο κόστος ανά κλάδο ανά χώρα και διαχρονικά.

#### 7.4.2 Αποτελέσματα προσομείωσης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η ταχύτερη – σε σχέση με το σενάριο αναφοράς – ανάπτυξη των ΑΠΕ απαιτεί περισσότερα αγαθά και υπηρεσίες, αλλά και εργασία, τόσο για το στάδιο της αρχικής επένδυσης, όσο και για τη φάση της παραγωγικής λειτουργίας. Μέσω του πολλαπλασιαστή εισροών εκροών, όλοι οι τομείς χρειάζεται να παράγουν περισσότερα αγαθά και υπηρεσίες. Επιπλέον, οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων μειώνονται, ως αποτέλεσμα της υποκατάστασής τους από τις ΑΠΕ.

Η εξάπλωση των ΑΠΕ συνεπάγεται υψηλότερο κόστος για ηλεκτρισμό και άλλες ενεργειακές υπηρεσίες. Το κόστος ηλεκτρισμού ανά μονάδα προϊόντος στο σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ είναι υψηλότερο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η ταχεία ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ στο εξεταζόμενο σενάριο ασκεί πτωτική επίδραση στο μοναδιαίο κόστος των τεχνολογιών (*οικονομίες κλίμακας*). Παρόλα αυτά, η αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ συνεπάγεται υψηλότερο κόστος παραγωγής ανά εγκατεστημένη μονάδα, λόγω της αύξησης του οριακού κόστους από την εγκατάσταση μίας επιπλέον μονάδας (εξάντληση των διαθέσιμων περιοχών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών, αποθέματος βιομάζας κτλ. η οποία συνεπάγεται αύξων οριακό κόστος εγκατάστασης.)

Ομοίως, τα βιοκαύσιμα υποκαθιστούν τα πετρελαϊκά προϊόντα στις οδικές μεταφορές αλλά με συγκριτικά υψηλότερο κόστος ανά μονάδα ενέργειας. Η αυξανόμενη χρήση της βιομάζας (τόσο για παραγωγή βιοκαυσίμων όσο και για άμεση καύση) συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης των αγροτικών προϊόντων γεγονός που ασκεί ανοδικές πιέσεις στις τιμές των προϊόντων αυτών. Ως επακόλουθο των επιδράσεων αυτών, οι τομείς που χρησιμοποιούν ως εισροή αγροτικά προϊόντα επιβαρύνονται με υψηλότερο κόστος (για παράδειγμα η βιομηχανίες τροφίμων).

Οι προαναφερθείσες αυξήσεις στα κόστη και στις τιμές που προέρχονται από την ανάπτυξη των ΑΠΕ αντικατοπτρίζονται στις τιμές όλων των εγχώριων αγαθών και προκαλούν απώλεια της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής οικονομίας. Κατά συνέπεια οι εξαγωγές μειώνονται και αυξάνονται οι εισαγωγές. Αυτό το είναι το «αποτέλεσμα τιμής» (*price effect*) που δρα ανασταλτικά στην ανάπτυξη της εγχώριας δραστηριότητας και στην απασχόληση.

Η αύξηση της εγχώριας δραστηριότητας προκαλεί αύξηση της ζήτησης εργασίας και ωθεί προς τα πάνω τους πραγματικούς μισθούς. Το GEM-E3 αναπαριστά λεπτομερώς τις αγορές εργασίας. Σύμφωνα με την τελευταία, η αγορά εργασίας δεν χαρακτηρίζεται από πλήρη ακαμψία ή πλήρη ευελιξία, αλλά διέπεται από καθεστώς ατελούς ανταγωνισμού. Κατά συνέπεια, τόσο οι μισθοί, όσο και η ανεργία ορίζονται ενδογενώς στο σημείο ισορροπίας. Έτσι, παρά την ύπαρξη εμμένουσας ανεργίας, ο πραγματικός μισθός τείνει να αυξάνεται με την αύξηση της ζήτησης για εργασία, αλλά όχι στο βαθμό που θα αυξανόταν εάν είχε υποτεθεί πλήρης απασχόληση (εάν η διατύπωση του προβλήματος είχε γίνει στο πλαίσιο πλήρους απασχόλησης). Οι αυξανόμενοι πραγματικοί μισθοί περιορίζουν το μέγεθος των θετικών επιπτώσεων στην απασχόληση και ασκούν ανοδικές επιδράσεις στις τιμές, και άρα στην ανταγωνιστικότητα, με αποτέλεσμα μείωση των εξαγωγών και αύξηση των εισαγωγών.

Η υποκατάσταση των εισαγόμενων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) από εγχωρίως παραγόμενα αγαθά (εξοπλισμός ΑΠΕ, βιομάζα) συνεπάγεται μεγαλύτερη χρήση κεφαλαιουχικών αγαθών και εργατικού δυναμικού ανά μονάδα ΑΕΠ. Δεδομένου ότι υπάρχουν περιορισμοί στη διαθεσιμότητα τόσο του κεφαλαίου όσο και της εργασίας, η αυξημένη απορρόφησή τους στους ανωτέρω τομείς επιβαρύνει την διαθεσιμότητά τους στους υπόλοιπους τομείς της παραγωγικής δραστηριότητας. Με άλλα λόγια, τα σχετικά μοναδιαία κόστη κεφαλαίου και εργασίας τείνουν να αυξάνονται ως αποτέλεσμα των υποκαταστάσεων προς όφελος της εγχώριας δραστηριότητας. Απόρροια αυτού είναι η πτώση της ανταγωνιστικότητας, γεγονός που επιβαρύνει την εγχώρια δραστηριότητα σε κάποιους άλλους τομείς. Οι επιδράσεις αυτές που προέρχονται από τις μεταβολές στις αγορές κεφαλαίου και εργασίας αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως φαινόμενο της εκτόπισης (*crowding out effect*).

Η επιπλέον ανάπτυξη των ΑΠΕ σε συνδυασμό με την επερχόμενη αύξηση της εγχώριας παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών συνεπάγονται υψηλότερες επενδύσεις σε πολλούς τομείς σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς. Η ζήτηση για κεφάλαιο αυξάνεται και η οικονομία τείνει να καλύπτει τη χρηματοδότησή της μέσω διόγκωσης του ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών. Το έλλειμμα αυτό δεν είναι απαραίτητα βιώσιμο σε μακροχρόνιο ορίζοντα. Για να κατασταθούν τα αποτελέσματα γενικής ισορροπίας του σεναρίου πολιτικής για ΑΠΕ συγκρίσιμα ως προς αυτά του σεναρίου αναφοράς είναι απαραίτητο να μην υπάρχει αυτό το έλλειμμα. Για το λόγο αυτό, ήταν αναγκαίο να επιβληθεί στο GEM-E3 ένας περιορισμός που προέβλεπε ότι ο λόγος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών της Ε.Ε ως ποσοστό του ΑΕΠ της Ε.Ε. έπρεπε να παραμένει σχεδόν αμετάβλητος ως προς το σενάριο αναφοράς μεταξύ των σεναρίων. Έτσι, η αυξημένη ζήτηση κεφαλαίου ασκεί πίεση στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών, η οποία όμως αποτυπώνεται σε μεταβολές του βασικού επιτοκίου του Ευρώ, ώστε να παραμείνει αμετάβλητος ο λόγος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών ως ποσοστό του ΑΕΠ. Η προσαρμογή του βασικού επιτοκίου επηρεάζει τις επενδυτικές αποφάσεις σε όλους τους τομείς μέσω του μοναδιαίου κόστους των υπηρεσιών κεφαλαίου, και κατ'ουσίαν όλες τις αποφάσεις σχετικά με την παραγωγή και την κατανάλωση.

Τα τελικά αποτελέσματα του σεναρίου πολιτικής για ΑΠΕ σε όρους ΑΕΠ και απασχόλησης στο πλαίσιο ενός μοντέλου γενικής ισορροπίας είναι το αποτέλεσμα των πολλαπλών προσαρμογών της οικονομίας: μπορεί να είναι τόσο θετικά όσο και αρνητικά, ανάλογα με τον κανόνα που θα επιλεγεί για το κλείσιμο του μοντέλου και ανάλογα με την υπόθεση για το βαθμό ευελιξίας των αγορών εργασίας και κεφαλαίου. Σε κάθε περίπτωση, τα αποτελέσματα ανά τομέα δραστηριότητας και ανά χώρα θα ήταν ασυμμετρικά.

Η ποσοτικοποίηση του σεναρίου πολιτικής για ΑΠΕ στο πλαίσιο γενικής ισορροπίας με το μοντέλο GEM-E3 δείχνει ότι σε όρους ΑΕΠ της ΕΕ, οι επιπτώσεις στην Ε.Ε. από την ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι ελάχιστα κατώτερες σε σχέση με το σενάριο αναφοράς: το ΑΕΠ της Ε.Ε. στο σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ είναι 0.21% χαμηλότερο το 2020 και 0.39% χαμηλότερο το 2030 από το αντίστοιχο επίπεδο του στο σενάριο αναφοράς.

Εάν αγνοούσαμε το crowding out effect, η εξάπλωση των ΑΠΕ θα είχε θετική επίδραση στο ΑΕΠ (της τάξεως του 0.15% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς), στις επενδύσεις (από 0.3%

έως 0.4% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς) και στην απασχόληση (0.16% αύξηση σε σχέση με το σενάριο αναφοράς). Το αποτέλεσμα τιμής που ορίστηκε προηγουμένως και εκτιμάται περίπου στο 0.30% (βάσει του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή) εάν απομονώνονταν δεν θα επαρκούσε για να καταστήσει αρνητικές τις επιδράσεις της ανάπτυξης των ΑΠΕ στο ΑΕΠ.

Το αποτέλεσμα τιμής είναι παρόλα αυτά επαρκές να προκαλέσει επιδείνωση των όρων εμπορίου για την Ε.Ε., και να οδηγήσει σε αύξηση των εισαγωγών και μείωση των εξαγωγών της περιοχής προς τον υπόλοιπο κόσμο, παρότι όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε μείωση των εισαγωγών. Το αποτέλεσμα τιμής απορρέει τόσο από το υψηλότερο κόστος της ενέργειας όσο και από την αύξηση που επιφέρει στους πραγματικούς μισθούς η ενίσχυση της ζήτησης εργασίας προκειμένου να υλοποιηθούν οι απαιτούμενες επενδύσεις για ΑΠΕ. Παρόλα αυτά, το φαινόμενο της εκτόπισης και πιο συγκεκριμένα η πίεση στο κόστος ανά μονάδα κεφαλαίου προκαλεί κυρίως τις αρνητικές επιπτώσεις στο ΑΕΠ. Το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (ως % του ΑΕΠ) προσαρμόζεται μέσω μιας μικρής μείωσης του βασικού επιτοκίου αλλά η μεταβολή αυτή δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στα αποτελέσματα.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι λόγω του σημαντικού ρόλου της βιομάζας και των βιοκαυσίμων στο σενάριο πολιτικής για ΑΠΕ, η επερχόμενη αύξηση της αγροτικής παραγωγής οδηγεί σε αύξηση των τιμών των αγροτικών προϊόντων και κατ' επέκταση αύξηση των τιμών των αγαθών στην παραγωγική διαδικασία των οποίων εισέρχονται ως εισροή τα αγροτικά προϊόντα, όπως τα τρόφιμα, τα προϊόντα ξύλου και - κατ'επέκταση - οι κατασκευές. Αυτή η σπειροειδής αύξηση των τιμών ασκεί δυσμενείς επιπτώσεις στην οικονομία καθώς αυξάνεται το γενικό επίπεδο των τιμών, υποθάλποντας την ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής οικονομίας. Στο ανωτέρω αποτέλεσμα πρέπει να προστεθούν και οι αυξήσεις των τιμών που απορρέουν από την αυξημένη ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται στις επενδύσεις για ΑΠΕ και στην παραγωγική διαδικασία των διαρκών αγαθών.

Η ανάλυση στο πλαίσιο γενικής ισορροπίας προσφέρει μια ολοκληρωμένη αποτίμηση όλων των επιπτώσεων του σεναρίου, ενώ ενσωματώνει και τις επιπτώσεις του φαινομένου της εκτόπισης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του GEM-E3, η επίδραση της ανάπτυξης των ΑΠΕ



στις συνολικές επενδύσεις είναι αρνητική (μείωση της τάξης του 0.2% έως 0.4% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς) παρά τις πρόσθετες επενδύσεις που προβλέπονται για την κατασκευή των έργων ΑΠΕ. Η απασχόληση μειώνεται επίσης αλλά κατά πολύ μικρότερο βαθμό (επίπεδο από 0.02% έως 0.05% χαμηλότερο του σεναρίου αναφοράς. Τόσο ο πραγματικός μισθός όσο και η ιδιωτική κατανάλωση αυξάνουν σε σχέση με τα επίπεδά τους στο σενάριο αναφοράς, ενώ αυξάνεται και ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (κατά 0.8% σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς). Οι εξαγωγές της Ε.Ε. προς τον υπόλοιπο κόσμο μειώνονται (κατά περίπου 1.5%), αλλά οι εισαγωγές παραμένουν σε όμοια προς το σενάριο αναφοράς επίπεδα, καθώς οι απώλειες από την επιδείνωση της ανταγωνιστικότητας αντισταθμίζονται από την μείωση στις εισαγωγές των ορυκτών καυσίμων.

Όπως ήταν αναμενόμενο, τόσο οι εκπομπές CO<sub>2</sub> όσο και η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα μειώνονται σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Τα αποτελέσματα διαφέρουν ανά χώρα, αν και οι οικονομικές επιπτώσεις σε κάθε χώρα ξεχωριστά ακολουθούν αντίστοιχη εξέλιξη προς αυτή της Ε.Ε. ως συνόλου. Το διμερές εμπόριο μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. είναι ενδογενές στο μοντέλο και εξαρτάται από την εξειδίκευση κάθε χώρας ανά τομέα όσον αφορά την εγχώρια παραγωγή και το εξωτερικό εμπόριο. Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων ανά χώρα προκύπτει επίσης από τον βαθμό ευελιξίας των αγορών κεφαλαίου και εργασίας που χαρακτηρίζει την κάθε χώρα. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης έχει υποθεθεί ότι τόσο το κεφάλαιο όσο και η εργασία μπορούν να μετακινηθούν ελεύθερα μεταξύ κλάδων αλλά όχι σε διακρατικό επίπεδο.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης των εξοπλισμών και ενίσχυση της αγροτικής παραγωγής, ως απόρροια της ανάπτυξης των βιοκαυσίμων. Διαμέσου διαφόρων προσαρμογών στο διμερές τους εμπόριο, οι ευρωπαϊκές χώρες οδηγούνται σε σημαντικές μεταβολές ως προς τη διάρθρωση των εξαγωγών και εισαγωγών, με γνώμονα τη σχετική ανταγωνιστικότητα της κάθε οικονομίας και της κλαδικής εξειδίκευσης των δομών της παραγωγής της. Για παράδειγμα, η βιομηχανία μηχανολογικού εξοπλισμού ενισχύεται στην Γερμανία και στην Δανία, σε αντίθεση με άλλες χώρες. Η αγροτική παραγωγή αυξάνεται στις περισσότερες χώρες, παρότι παράλληλα παρατηρούνται πρόσθετες εισαγωγές αγροτικών προϊόντων.

Οι ανωτέρω μεταβολές, σε συνδυασμό με τις διαφοροποιημένες τιμές ισορροπίας στις εθνικές αγορές κεφαλαίου και εργασίας, έχουν διαφορετικό αντίκτυπο στην ιδιωτική κατανάλωση και στους πραγματικούς μισθούς κάθε χώρας. Κατά συνέπεια, παρατηρείται διαφορετική επίδραση στην οικονομική ευημερία κάθε χώρας: μερικές εμφανίζουν κέρδη, ενώ κάποιες άλλες ζημιές. Σε σύνολο της Ε.Ε. το αποτέλεσμα που αφορά στην ευημερία του καταναλωτή, όπως έχει αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το μέτρο ισοδύναμης μεταβολής της ευημερίας<sup>68</sup>, είναι θετικό. Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> έχει θετική επίδραση στην ευημερία του καταναλωτή. Η βελτίωση όμως της ευημερίας που προκύπτει από την μείωση εξωτερικού κόστους, δεν προσμετράται στο μοντέλο, υποτιμώντας έτσι τις συνολικές επιπτώσεις στην ευημερία του καταναλωτή. Αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 7-9: Αποτελέσματα διεξόδου ΑΠΕ (Ε.Ε.)**

%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	2020	2030
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	-0,21	-0,39
Επενδύσεις	-0,25	-0,37
Ιδιωτική κατανάλωση	0,21	0,16
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	-1,10	-1,51
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	0,10	0,23
Όροι εμπορίου	0,85	1,23
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	-0,05	-0,09
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-9,8	-13,8
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-9,5	-12,9
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	-1,8	-2,1
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-5,3	-7,3
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	-0,02	-0,05
Πραγματικός μισθός (Εργατούρα)	0,14	0,08
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	0,57	0,84

Πηγή: GEM-E3

<sup>68</sup> Η ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας αφορά στην μεταβολή του εισοδήματος η οποία θα ακύρωνε μια οποιαδήποτε μεταβολή της ευημερίας του καταναλωτή (όπως αυτή μετράται στα αρχικά επίπεδα τιμών) που προέρχεται από μεταβολή των τιμών. Μία θετική τιμή είναι υποδεικνύει βελτίωση της ευημερίας του καταναλωτή.

Πίνακας 7-10: Αποτελέσματα σεναρίου ΑΠΕ ανά χώρα

% μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	-0,67	-0,88	0,07	-0,02	-0,24	-0,17	-0,93	-0,93
Βέλγιο	-0,03	-0,16	0,18	0,23	0,02	0,00	-0,01	-0,01
Βουλγαρία	-0,44	-0,05	-0,17	0,06	0,04	-0,09	-0,51	-0,14
Γερμανία	-0,07	-0,17	0,24	0,28	-0,01	-0,02	-0,12	-0,09
Δανία	-0,18	-0,28	0,12	0,18	0,02	0,01	-0,14	-0,24
Φιλανδία	-0,28	-0,52	-0,07	-0,09	-0,08	-0,02	-0,38	-0,53
Γαλλία	-0,13	-0,27	0,23	0,17	0,00	-0,04	-0,18	-0,24
Ελλάδα	-0,23	-0,44	0,27	0,34	-0,03	0,04	-0,24	-0,24
Ιταλία	-0,25	-0,53	0,34	0,27	-0,07	-0,18	-0,30	-0,49
Ιρλανδία	-0,65	-0,94	-0,10	-0,15	-0,22	-0,15	-0,71	-1,05
Ολλανδία	-0,08	-0,20	0,26	0,32	0,01	0,00	-0,16	-0,25
Πορτογαλία	-0,56	-1,00	0,02	-0,18	-0,14	-0,23	-0,80	-1,37
Ισπανία	-0,04	-0,38	0,48	0,44	0,04	-0,06	-0,09	-0,38
Σουηδία	-0,14	-0,35	0,12	0,07	-0,02	-0,02	-0,14	-0,33
Ηνωμένο Βασίλειο	-0,28	-0,42	0,05	0,02	-0,03	-0,04	-0,20	-0,27
Ουγγαρία	-0,82	-1,16	-0,06	-0,15	-0,11	-0,17	-0,50	-0,99
Πολωνία	-0,50	-0,72	-0,09	-0,17	0,01	-0,02	-0,54	-0,73
Ρουμανία	-0,84	-0,78	-0,79	-1,00	-0,02	-0,07	-1,01	-1,17
Σλοβενία	-0,17	-0,37	0,19	0,14	0,10	0,08	-0,41	-0,40
Τσεχία	-0,20	-0,35	0,09	0,06	0,00	0,05	-0,25	-0,21
Σλοβακία	-0,72	-0,80	-0,06	0,22	-0,25	-0,09	-0,98	-0,94
Εστονία	-0,84	-0,83	-0,80	-1,11	-0,28	-0,24	-1,01	-1,82
Λετονία	-0,38	-0,55	0,06	-0,03	0,13	0,20	-0,25	-0,33
Λιθουανία	-0,84	-1,34	-0,14	-0,42	0,23	0,40	-0,65	-1,11
ΕΕ24	-0,21	-0,39	0,21	0,16	-0,02	-0,05	-0,25	-0,37

Πηγή: GEM-E3

### 7.4.3 Συμπεράσματα

Η διεύθυνση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεπάγεται πολλαπλές προσαρμογές της οικονομίας της Ε.Ε. Σε πρώτο στάδιο προϋποθέτει την κατασκευή επιπρόσθετου μηχανολογικού εξοπλισμού ο οποίος μέσω του πολλαπλασιαστή μεταφράζεται σε ζήτηση για επιπλέον ζήτηση υλικών, υπηρεσιών, εργασίας, εισαγωγών και επενδύσεων, προκαλώντας έτσι διέγερση στην οικονομία που προέρχεται από την αύξηση της ζήτησης. Επιπλέον οι εισαγωγές των ενεργειακών προϊόντων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) μειώνονται και μερικώς υποκαθίστανται από εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα και υπηρεσίες ενδυναμώνοντας έτσι την εγχώρια παραγωγή. Η χρήση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές αυξάνει την ζήτηση για γεωργικά προϊόντα οδηγώντας σε αύξηση των τιμών και

των εισαγωγών γεωργικών προϊόντων (αυτό έχει κυρίως επίπτωση στις βιομηχανίες τροφίμων)

Η υποκατάσταση με εγχώρια δραστηριότητα τείνει να αυξήσει τις αμοιβές των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής, επηρεάζοντας έτσι το κόστος παραγωγής στο σύνολο της οικονομίας. Το αποτέλεσμα του crowding out σε συνδυασμό με το υψηλότερο κόστος ηλεκτρισμού συνεπάγεται μείωση της ανταγωνιστικότητας της Ε.Ε. η οποία μεταφράζεται σε χαμηλότερη δραστηριότητα για τους κλάδους παραγωγής της Ε.Ε. Η επίπτωση στα συνολικά επίπεδα παραγωγής και απασχόλησης από την διείσδυση των ΑΠΕ εξαρτάται από την επιλογή του κανόνα κλεισίματος και στην υπόθεση σχετικά με τις ευελιξία στις αγορές εργασίας και κεφαλαίου. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το crowding out effect το ΑΕΠ της Ε.Ε. μειώνεται κατά 0.3% κατά μέσο όρο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

### **7.5 Σενάριο ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας στην Ε.Ε.**

Η παρούσα μελέτη διερευνά τις οικονομικές και ενεργειακές επιπτώσεις της ευρύτερης ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας στην ΕΕ. Στο εξεταζόμενο σενάριο, η ανάπτυξη αυτή στηρίζεται στην υιοθέτηση μιας σειράς πολιτικών που αφενός ακυρώνουν τις ήδη υπάρχουσες πολιτικές phase-out των πυρηνικών σταθμών της Ευρώπης και αφετέρου υποστηρίζουν στρατηγικές ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας στην περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, οι υποθέσεις που γίνονται αφορούν την επέκταση της διάρκειας ζωής των υπάρχοντων σταθμών παραγωγής πυρηνικής ενέργειας και την εγκατάλειψη των πολιτικών σταδιακής διακοπής της λειτουργίας πυρηνικών εγκαταστάσεων στο Βέλγιο, την Γερμανία και την Σουηδία. Το σενάριο βασίζεται επίσης στην υπόθεση ότι στους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας νέας γενιάς επιτυγχάνεται σημαντικά χαμηλότερο κεφαλαιουχικό κόστος και χαμηλότερη τιμή καυσίμου, καθιστώντας τους έτσι περισσότερο ανταγωνιστικούς σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η μελέτη των ενεργειακών και οικονομικών αλληλεπιδράσεων για τα κράτη-μέλη της ΕΕ πραγματοποιείται με την ευρωπαϊκή έκδοση του υποδείγματος γενικής ισορροπίας GEM-E3.

#### **7.5.1 Μεθοδολογία**

Στο GEM-E3, η παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια αναπαρίσταται ως ξεχωριστός τομέας. Τα δεδομένα που αφορούν την ακριβή επέκταση της πυρηνικής

ενέργειας ανά χώρα λήφθηκαν από το ενεργειακό μοντέλο μερικής ισορροπίας PRIMES. Ακολούθως, το GEM-E3 χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις της αυξημένης διείσδυσης της πυρηνικής ενέργειας στο ΑΕΠ, στην κλαδική δραστηριότητα και στην απασχόληση της Ευρώπης στο πλαίσιο γενικής ισορροπίας. Πιο συγκεκριμένα, τα ακόλουθα αποτελέσματα του ενεργειακού μοντέλου μερικής ισορροπίας PRIMES εισήχθησαν στο GEM-E3:

- i. Η ηλεκτροπαραγωγική δραστηριότητα ανά πηγή
- ii. Η εξέλιξη της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας ανά κράτος-μέλος της Ε.Ε.

Τα δεδομένα αφορούν κάθε χρονική περίοδο έως το 2030. Η ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων του PRIMES στο GEM-E3 έγινε με την κατάλληλα διαμόρφωση των παραμέτρων μεριδίου της συνάρτησης παραγωγής του ηλεκτρικού κλάδου. Ακολούθως, οι απαραίτητες επενδύσεις προκειμένου να εξασφαλιστεί η επάρκεια κεφαλαιουχικού εξοπλισμού για την παραγωγή της προκύπτουσας πυρηνικής ενέργειας υπολογίζονται ενδογενώς από το μοντέλο.

Η κατασκευή των απαιτούμενων νέων εγκαταστάσεων απαιτεί την χρήση αγαθών και υπηρεσιών από διάφορους κλάδους του μοντέλου, όπως για παράδειγμα τον κλάδο των κατασκευών, των εξοπλισμών, των τραπεζών και ασφαλειών. Η δομή αυτή περιλαμβάνεται στη μήτρα μετασχηματισμού των επενδύσεων του μοντέλου, η οποία μετασχηματίζει τη ζήτηση για επενδύσεις των κλάδων σε ζήτηση για επενδυτικά προϊόντα. Η μήτρα αυτή εκτιμάται σε όλους τους επιμέρους υποτομείς του κλάδου της παραγωγής ηλεκτρισμού βάσει τεχνικοοικονομικών δεδομένων.

Η αυξημένη χρήση πυρηνικής ενέργειας συνεπάγεται την χαμηλότερη χρήση πετρελαίου, φυσικού αερίου και άνθρακα, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων εισάγεται. Συνεπώς, όσον αφορά την άμεση και έμμεση ροή των αγαθών και υπηρεσιών στην οικονομία, το εξεταζόμενο σενάριο προκαλεί αύξηση της εγχώριας παραγωγικής δραστηριότητας αγαθών και υπηρεσιών, οδηγώντας έτσι σε αυξημένη απασχόληση σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, που προέβλεπε μεγαλύτερη διείσδυση των – κατά βάση εισαγόμενων – συμβατικών μορφών ενέργειας.

Το σενάριο προώθησης της πυρηνικής ενέργειας ενσωματώνει ουσιαστικά την ίδια πολιτική που εφαρμόζεται στο σενάριο αναφοράς, απελευθερωμένη από κάποιους περιορισμούς που προβλέπονται στο τελευταίο, όπως η υιοθέτηση πολιτικών αποφάσεων αποκλεισμού της πυρηνικής ενέργειας σε κάποιες χώρες ή η εφαρμογή ανάλογων περιορισμών μικρότερης σημασίας σε άλλες χώρες. Η χαλάρωση των περιορισμών αυτών στο υπό εξέταση σενάριο συνεπάγεται σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μείωση αυτή, ως αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας διαρθρωτικής πολιτικής, όπως είναι η χαλάρωση των περιορισμών στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας, επιφέρει σημαντικά οφέλη στην οικονομία, εγείροντας διαφορετικές μακροοικονομικές επιπτώσεις από ότι η υψηλότερη ζήτηση για εγχώρια αγαθά και υπηρεσίες που προκύπτει από τις επενδυτικές ανάγκες για δυναμικό παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Η περεταίρω ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας συνεπάγεται επίσης μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων. Έτσι, το σενάριο πολιτικής προώθησης της πυρηνικής ενέργειας ευνοεί επίσης την υποκατάσταση των εισαγόμενων αγαθών με εγχωρίως παραγόμενα<sup>69</sup>.

#### 7.5.2 Μακροοικονομικές επιπτώσεις του σεναρίου στην Ε.Ε.

Η αυξημένη σε σχέση με το σενάριο αναφοράς διείσδυση της πυρηνικής ενέργειας απαιτεί περισσότερες επενδύσεις, καθώς σε σύγκριση με άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής, η πυρηνική ενέργεια είναι υψηλότερης εντάσεως κεφαλαίου. Τα κεφαλαιουχικά προϊόντα που απαιτούνται για την ολοκλήρωση αυτών των επενδύσεων παράγονται εγχωρίως, συνεπώς αυξάνεται τόσο η οικονομική δραστηριότητα όσο και η ζήτηση για πρωτογενείς παραγωγικούς συντελεστές όπως είναι το κεφάλαιο και η εργασία. Κατά συνέπεια, οι τιμές ισορροπίας τους αναπροσαρμόζονται προς τα άνω, επηρεάζοντας αντιστοίχως τις τιμές όλων των αγαθών και υπηρεσιών.

---

<sup>69</sup> Το υψηλό κόστος κεφαλαίου ενός πυρηνικού σταθμού αποτελεί τη βασική συνιστώσα του κόστους της πυρηνικής ενέργειας. Ωστόσο η Ε.Ε. έχει το δυναμικό να παράγει εγχωρίως τόσο τον εξοπλισμό αντιδραστήρων όσο και τις περισσότερες υπηρεσίες κύκλου καυσίμων. Παρόλο που το φυσικό ουράνιο κατά κύριο λόγο εισάγεται, το κόστος του αντιπροσωπεύει είναι μικρό μέρος του συνολικού κόστους παραγωγής πυρηνικής ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά, η περαιτέρω ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας συνεπάγεται χαμηλότερη -σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς- τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που με τη σειρά του ωθεί προς τα κάτω και τις τιμές των αγαθών και υπηρεσιών. Η ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής οικονομίας ενισχύεται, καθώς οι εξαγωγές αυξάνονται ενώ οι εισαγωγές είναι σχετικά λιγότερες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, η επίδραση στο κόστος της ενέργειας κυριαρχεί της επίδρασης στις τιμές των πρωτογενών συντελεστών στην εγχώρια αγορά, κατά συνέπεια το συνολικό επίπεδο τιμών μειώνεται. Η ανταγωνιστικότητα της οικονομίας βελτιώνεται, οδηγώντας σε ταχύτερη αύξηση του ΑΕΠ σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Τα θετικά αποτελέσματα στην εγχώρια δραστηριότητα οδηγούν στη αύξηση της απασχόλησης και του πραγματικού μισθού, βελτιώνοντας έτσι την συνολική ευημερία στην περιοχή.

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> εμφανίζονται μειωμένες σε σχέση με το σενάριο αναφοράς ενώ η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων μειώνεται.

Η αξιολόγηση του σεναρίου με βάση τον δείκτη ευημερίας δεν αποτυπώνει πλήρως το κόστος προσαρμογής του καταναλωτή καθώς στον δείκτη αυτό δεν περιλαμβάνονται τα εξωτερικά κόστη όπως τα οφέλη από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η ενεργειακή ανεξάρτηση της οικονομίας από εισαγόμενα καύσιμα καθώς και το κόστος διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων.

Πίνακας 7-11: Αποτελέσματα πυρηνικής επέκτασης

	2020	2030
%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς		
<b>Μακροοικονομικά στοιχεία (σε εκατ. € 2000)</b>		
ΑΕΠ	0,01	0,05
Επενδύσεις	0,11	0,06
Ιδιωτική κατανάλωση	-0,02	0,07
Εξαγωγές στον υπόλοιπο κόσμο	0,00	0,03
Εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο	0,01	0,01
Όροι εμπορίου	0,00	-0,01
Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (%ΑΕΠ)	0,00	0,00
<b>Ενέργεια και περιβάλλον</b>		
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	-0,8	-1,0
Πρωτογενής κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	-0,4	-0,4
Ενεργειακή Ένταση: Νοικοκυριά (Ενέργεια/Εισόδημα)	0,0	0,1
Ενεργειακή Ένταση: Επιχειρήσεις (Ενέργεια/Παραγωγή)	-0,2	-0,2
<b>Αγορά Εργασίας</b>		
Απασχόληση (σε 1000s εργαζομένους)	0,01	0,01
Πραγματικός μισθός (Εργατοώρα)	-0,01	0,08
Δείκτης τιμών καταναλωτή (2000=100)	-0,01	-0,03

Πηγή: GEM-E3



Πίνακας 7-12 ανά χώρα

%μεταβολή από το σενάριο αναφοράς	ΑΕΠ		Ευημερία		Απασχόληση		Επενδύσεις	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Αυστρία	0,00	0,00	-0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
Βέλγιο	0,05	0,14	0,04	0,15	-0,01	0,00	0,12	0,05
Βουλγαρία	0,00	0,01	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Γερμανία	0,04	0,19	0,03	0,11	0,00	0,05	0,57	0,22
Δανία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Φλανδία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Γαλλία	0,00	0,07	-0,03	0,05	0,01	0,02	0,00	0,08
Ελλάδα	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ιταλία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ιρλανδία	0,01	0,00	-0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Ολλανδία	0,00	-0,01	-0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,01
Πορτογαλία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,00
Ισπανία	0,01	0,05	-0,02	0,06	0,01	0,01	0,03	0,07
Σουηδία	0,01	0,00	-0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Ηνωμένο Βασίλειο	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,00
Ουγγαρία	0,00	0,00	-0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
Πολωνία	0,00	0,00	-0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Ρουμανία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Σλοβενία	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,01
Τσεχία	0,01	0,09	-0,04	0,05	0,01	-0,01	0,01	0,02
Σλοβακία	0,01	-0,01	-0,03	0,03	0,01	-0,01	0,00	-0,01
Εστονία	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,00
Λετονία	0,01	0,00	-0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Λιθουανία	0,00	0,00	-0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
ΕΕ24	0,01	0,05	-0,02	0,07	0,01	0,01	0,11	0,06

Πηγή: GEM-E3

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7.

1. Ciscar, J.C., P., Russ, L., Paroussos, and Stroblos (2003), "*Vulnerability of the EU economy to oil shocks: a general equilibrium analysis with the GEM-E3 model*", Working paper, Institute for Prospective Technological Studies and National Technical University of Athens.
2. Dorodian K, Roy Biyd, "The linkage between oil price shocks and economic growth with inflation in the presence of technological advances: a CGE model", *Energy Policy*, 31, pp 989-1006, 2004
3. Elekdag Selim, René Lalonde, Douglas Laxton, Dirk Muir, and Paolo Pesenti, "*Oil Price Movements and the Global Economy: A Model-Based Assessment*" ,Bank of Canada Working Paper 2007-34, May 2007
4. IEA, "Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy", International Energy Agency, May 2004
5. IEA, "Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy", International Energy Agency, Paris, France, 2005.
6. Lardic Sandrine, Valerie Mignon, "The impact of oil prices on GDP in European countries: An empirical investigation based on asymmetric cointegration", *Energy Policy* 34 (2006) 3910–3915
7. Mussa Michael, "*The Impact of Higher Oil Prices on the Global Economy*", IMF, Research Department, December 8, 2000
8. Sánchez Marcelo, "*Oil shocks and endogenous mark-ups results from an estimated EUROAREA DSGE model*", WORKING PA PER SERIES, NO 8 60 / JANUARY 200 8 European Central Bank, 2008
9. Access Economics Pty Limited, "*Economic Impacts of Renewables Energy Target on the Victorian Economy*", Energy Users Association of Australia, 6 June 2006
10. Aggidis G.A., G.J. Allan, A. McCabe, P.G. McGregor, J.K. Swales, R. Rothschild and K. Turner, "*Modelling the potential economic impact of tidal devices on the UK*", Preliminary Research Note 07-03, September 2007
11. Bohringer, Christoph and Loschel, Andreas, "Promoting renewable energy in Europe: a hybrid computable general equilibrium approach", *The Energy Journal*, Oct 27, 2006

12. Capros P. , P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, T. Schmidt, H. Koschel, K. Conrad, E.L. Vouyoukas “*Climate Technology Strategies 2-The Macro-Economic Cost and Benefit of Reducing Greenhouse Gas Emissions in the European Union*”, Springer-Verlag, Physica-Verlag, Berlin, ISBN 3-7908-1230-7, 1999
13. Capros P., P. Georgakopoulos et al. (1995) “*Double Dividend Analysis: First results of a general equilibrium model linking the EU-12 countries*”, in C. Carraro and D. Siniscalco (editors) “*Environmental Fiscal Reform and Unemployment*”, Kluwer Academic Publishers, 1995
14. Commission of the European Communities, “*Renewable Energy Road Map: Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future*”, Commission Staff Working Document, COM (2006) 848 final, SEC(2006) 1719, Brussels, 10.1.2007
15. D’Artis Kanacs, “*Applied General Equilibrium Analysis of Renewable Energy Policies*”, Economics and Econometrics Research Institute, EERI Research Paper Series No 2/2007
16. Dixon Peter B., “*Biomass energy in CGE models*”, Workshop on modelling bio-energy in agricultural-economic models, Bonn, February 27-28, 2008
17. ECOTEC Research & Consulting Limited, “*Renewable Energy Sector in the EU: its Employment and Export Potential*”, A Final Report to DG Environment, Ref: 08/03/02
18. ESD et al., “*MITRE Monitoring & Modelling Initiative on the Targets for Renewable Energy*”, ALTENER Programme, Overview Report, 2003
19. Grant Allan, Michelle Gilmartin and Karen Turner, Peter McGregor and Kim Swales, “*UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect, Technical Report 4: Computable general equilibrium modelling studies*”, Working Paper, October 2007: REF UKERC/WP/TPA/2007/012, UK Energy Research Centre
20. Kammen Daniel M., Kamal Kapadia and Matthias Fripp, “*Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?*”, Report of the Renewable and Appropriate Energy Laboratory, University Of California Berkeley, April 13, 2004, corrected 1/31/06
21. Liang Chi-Yuan, “*A Study on the Renewable Energy Development Strategy of Taiwan*”, The Institute of Economics, Academia Sinica, 2007

22. Matysek Anna and Brian Fisher, "*Implications of a 20 per cent renewable energy target for electricity generation*", CRA project no: D12336-00, CRA International, November 2007
23. Uyterlinde M.A., G.H. Martinus, H. Rösler, N. Kouvaritakis, V. Panos, L. Mantzos, M. Zeka-Paschou, "*The contribution of renewable energy to a sustainable energy system*", Volume 2 in the CASCADE MINTS project, ECN-C--05-034, July 2005
24. Allan, G., N.D. Hanley, P.G. McGregor, J.K. Swales and K.R. Turner, "*The Macroeconomic Rebound Effect and the UK Economy*", Final Report to DEFRA, May 2006.
25. Capros P. T. Georgakopoulos, et al., "*Energy saving investment and employment*", report to the EC SAVE program, 1998
26. Grepperud Sverre, Rasmussen Ingeborg, "*A general equilibrium assessment of rebound effects*", Energy economics, vol. 26, no2, pp. 261-282, 2004
27. Quirion Philippe and M. Hamdi-Cherif, "*General equilibrium impact of an energy-saving policy in the public sector*", Journal of Environmental and Resource Economics, Vol. 38, No 2, pp 245-258, October 2007
28. Sorrell, S., "*The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*", UK Energy Research Centre, 2007
29. Wade Joanna, et al., "*National and Local Employment Impacts of Energy Efficiency Investment Programmes*", Final report to the Commission, SAVE contract XVII/4.1031/D/97-032, April 2000

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

## 8 Συμπεράσματα

Το επιστημονικό αντικείμενο της διατριβής αφορά τον σχεδιασμό και την εμπειρική κατασκευή αναλυτικού μαθηματικού μοντέλου γενικής ισορροπίας που αναπαριστά την οικονομία και τις αλληλεπιδράσεις της με το ενεργειακό σύστημα και το περιβάλλον.

Η ανάπτυξη του μοντέλου συνίσταται σε μια σειρά διαδικασιών όπως η μαθηματική θεμελίωση, η συλλογή των αντίστοιχων δεδομένων, η ενσωμάτωση της προτεινόμενης επέκτασης στο μοντέλο και η προσαρμογή του μοντέλου στο έτος βάσης. Οι επεκτάσεις που έγιναν στο μοντέλο αφορούν:

- Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την λεπτομερή αναπαράσταση του ηλεκτρικού τομέα. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει τεχνικές αναλογικών προσεγγίσεων και σταυροειδούς εντροπίας προκειμένου να ενσωματωθούν τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού στους πίνακες εισροών εκροών του μοντέλου. Επιπλέον το ακολουθιακό δέντρο της συνάρτησης παραγωγής του μοντέλου προσαρμόζεται ώστε να αναπαραστήσει τον τρόπο λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος. Η μεθοδολογία αυτή επιτρέπει την αναπαράσταση των επενδυτικών αποφάσεων κάθε τεχνολογίας ξεχωριστά, χαρακτηριστικό που δεν υπάρχει σε αντίστοιχες προσεγγίσεις. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.
- Ανάπτυξη μηχανισμού εξαντλήσιμων φυσικών πόρων. Η επέκταση αυτή εισάγει τα αποθέματα ως ξεχωριστό συντελεστή παραγωγής και ενσωματώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κλάδου εξόρυξης σχετικά με την βέλτιστη διαδρομή εξάντλησης των φυσικών πόρων. Επιπλέον αναπαριστά με πιο ρεαλιστικό τρόπο την επίπτωση στην τιμή των ορυκτών καυσίμων που προκαλείται από την μείωση των αποθεμάτων. Η ανάπτυξη του μηχανισμού παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.

- Ανάπτυξη συνάρτησης προσφοράς εργασίας που ενσωματώνει νεο-κεϋνσιανά χαρακτηριστικά τα οποία δημιουργούν σχετική ακαμψία μισθών που οδηγεί σε μη ηθελημένη ανεργία. Στα μοντέλα γενικής ισορροπίας με νεοκλασική αναπαράσταση της αγοράς εργασίας είναι αδύνατος ο προσδιορισμός της ανεργίας. Η ανάπτυξη της συνάρτησης προσφοράς παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.
- Ανάπτυξη περιβαλλοντικού υπο-μοντέλου ικανού να ενσωματώσει και να υπολογίσει ενδογενώς τις εκπομπές του συνόλου των αερίων του θερμοκηπίου. Η επέκταση ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή των αντίστοιχων καμπυλών οριακής μείωσης και τον σχεδιασμό συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών σε κλαδικό επίπεδο. Η ανάπτυξη περιβαλλοντικού υπο-μοντέλου παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.
- Σχεδιασμός και κατασκευή παγκόσμιου μοντέλου γενικής ισορροπίας που περιλαμβάνει ολιγοπωλιακό ανταγωνισμό επιχειρήσεων τύπου **Nash-Cournot** και μη σταθερές οικονομίες κλίμακας στην τεχνολογία παραγωγής των επιχειρήσεων. Το μοντέλο παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.

Από την εφαρμογή του μοντέλου στα διαφορετικά σενάρια έγινε δυνατή η εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

Για την ανάλυση των διαφορετικών κατανομών δικαιωμάτων εκπομπών: Στο πλαίσιο της γενικής ισορροπίας οι διαφορετικές κατανομές δικαιωμάτων εκπομπών συνεπάγονται διαφορετικές τιμές των δικαιωμάτων εκπομπών, ιδιαίτερα στις πολύ περιοριστικές περιπτώσεις (κατηγορία σεναρίων 550ppmv). Όσο μεγαλύτερος είναι ο περιβαλλοντικός περιορισμός τόσο μεγαλύτερη σημασία έχει η αρχική κατανομή δικαιωμάτων. Το κόστος για να επιτευχθούν οι μειώσεις σε όρους ΑΕΠ κυμαίνεται μεταξύ -1.4 και -1.6 τοις εκατό το 2030 για την περίπτωση 650-ppmv και από -4.8 σε -6.2 τοις εκατό για την περίπτωση 550-ppmv. Τα multi-stage σενάρια και στις δύο περιπτώσεις παρέχουν καλύτερες προοπτικές ευημερίας στις αναπτυσσόμενες χώρες αφού συνεπάγονται μεγαλύτερες εισοδηματικές μεταβιβάσεις. Εκτός από το ενδογενές σενάριο κατανομής δικαιωμάτων εκπομπών, η

περίπτωση των χωρών που το κύριο εξαγωγικό τους προϊόν είναι η ενέργεια δεν έχει συμπεριληφθεί στο σχεδιασμό των σεναρίων και σαν συνέπεια οι χώρες αυτές παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες ευημερίας σε όλα τα σενάρια. Αυτές είναι κυρίως χαμηλού προς μέσου εισοδήματος χώρες (συνήθως με υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου) τα χαρακτηριστικά των οποίων πρέπει να συμπεριληφθούν σε ένα σχέδιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο. Το κυρίαρχο αναδιανεμητικό στοιχείο στα σενάρια είναι οι ευκαιρίες που προσφέρουν για εισοδηματικές μεταβιβάσεις υπό την μορφή καθαρών αγορών/πωλήσεων των δικαιωμάτων εκπομπών.

Για την συμμετοχή διαφορετικών ομάδων χωρών στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου: Όταν όλες οι χώρες συμμετάσχουν στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου η τιμή του δικαιώματος εκπομπών εκτιμάται στα 40 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq το 2020. Το κόστος αυτό διπλασιάζεται στην περίπτωση που υπάρχει μικρότερη ευελιξία (μικρότερος αριθμός χωρών που συμμετέχουν στον μηχανισμό εμπορίας εκπομπών). Συγκεκριμένα στην περίπτωση που οι Annex – I χώρες δεν μπορούν να αγοράσουν δικαιώματα από τις αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχει διπλό κόστος: από την μία οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν μπορούν να επωφεληθούν από την πώληση δικαιωμάτων και από την άλλη οι αναπτυγμένες χώρες δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τις χαμηλού κόστους δυνατότητες μείωσης. Αυτό έχει αρνητική επίπτωση τόσο στο μακροοικονομικό κόστος προσαρμογής όσο και στην ευημερία. Η τιμή του δικαιώματος το 2030 εκτιμάται στο σενάριο 1 ότι θα είναι 83 US\$2001/tCO<sub>2</sub>eq Το ΑΕΠ σε παγκόσμιο επίπεδο θα μειωθεί κατά 0,11% το 2020 και 0,17% το 2030 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Για την Ε.Ε. οι επιπτώσεις αυτές εκτιμώνται σε 0,14% και 0,11% αντίστοιχα.

Για την υλοποίηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας: Οι επιπτώσεις του προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας για την οικονομία της Ε.Ε. προσδιορίζονται από το αποτέλεσμα ζήτησης και το αποτέλεσμα εξοικονόμησης. Το αποτέλεσμα εξοικονόμησης οδηγεί σε μία μόνιμη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην παραγωγική διαδικασία αλλά και στην κατανάλωση των νοικοκυριών ενώ το αποτέλεσμα ζήτησης οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης των αγαθών που απαιτούνται για την κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας. Η κατασκευή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας μεταφράζεται σε αυξημένη ζήτηση για υλικά και υπηρεσίες μέρος των οποίων παράγεται

εντός της Ε.Ε. αλλά και σε αύξηση του κόστους παραγωγής. Η αύξηση στην ζήτηση ωθεί την δραστηριότητα και την απασχόληση προς τα πάνω ενώ η αύξηση του κόστους συνεπάγεται απώλεια ανταγωνιστικότητας στην οικονομία. Αυτά τα αποτελέσματα δεν είναι μόνιμα με την έννοια ότι με την πάροδο της υλοποίησης του κύριου όγκου του επενδυτικού προγράμματος τα αποτελέσματα της ζήτησης μετριάζονται οδηγώντας τις τιμές των συντελεστών παραγωγής σε χαμηλότερα επίπεδα. Τα αποτελέσματα όμως της εξοικονόμησης ενέργειας είναι μόνιμα στη οικονομία οδηγώντας τόσο σε χαμηλότερες εκπομπές αερίων όσο και σε χαμηλότερα επίπεδα ενεργειακής κατανάλωσης. Μακροπρόθεσμα τόσο τα νοικοκυριά όσο και οι επιχειρήσεις απελευθερώνουν πόρους, οι οποίοι στο σενάριο αναφοράς χρησιμοποιούνταν για την κατανάλωση ενέργειας, και τους χρησιμοποιούν προκειμένου να υλοποιήσουν νέες επενδύσεις ή να αυξήσουν την κατανάλωση μη ενεργειακών αγαθών. Συνεπώς το αποτέλεσμα στο ΑΕΠ είναι αρνητικό βραχυπρόθεσμα αλλά θετικό μακροπρόθεσμα.

Για την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεπάγεται πολλαπλές προσαρμογές της οικονομίας της Ε.Ε. Σε πρώτο στάδιο προϋποθέτει την κατασκευή επιπρόσθετου μηχανολογικού εξοπλισμού ο οποίος μέσω του πολλαπλασιαστική μεταφράζεται σε ζήτηση για επιπλέον ζήτηση υλικών, υπηρεσιών, εργασίας, εισαγωγών και επενδύσεων, προκαλώντας έτσι διέγερση στην που προκύπτει από την αύξηση της ζήτησης. Επιπλέον οι εισαγωγές των ενεργειακών προϊόντων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) μειώνονται και μερικώς υποκαθίστανται από εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα και υπηρεσίες ενδυναμώνοντας έτσι την εγχώρια παραγωγή. Η χρήση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές αυξάνει την ζήτηση για γεωργικά προϊόντα οδηγώντας σε αύξηση των τιμών και των εισαγωγών γεωργικών προϊόντων (αυτό έχει κυρίως επίπτωση στις βιομηχανίες τροφίμων). Η υποκατάσταση με εγχώρια δραστηριότητα τείνει να αυξήσει τις αμοιβές των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής, επηρεάζοντας έτσι το κόστος παραγωγής στο σύνολο της οικονομίας. Το αποτέλεσμα του crowding out σε συνδυασμό με τα υψηλότερα κόστη ηλεκτρισμού συνεπάγεται μείωση της ανταγωνιστικότητας της Ε.Ε. η οποία μεταφράζεται σε χαμηλότερη δραστηριότητα για τους κλάδους παραγωγής της Ε.Ε. Η επίπτωση στα συνολικά επίπεδα παραγωγής και απασχόλησης από την διείσδυση των ΑΠΕ εξαρτάται από την επιλογή του κανόνα



κλεισίματος και στην υπόθεση σχετικά με τις ευελιξία στις αγορές εργασίας και κεφαλαίου. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το crowding out effect το ΑΕΠ της Ε.Ε. μειώνεται κατά 0.3% κατά μέσο όρο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Για την διείσδυση της πυρηνικής ενέργειας : Η αυξημένη σε σχέση με το σενάριο αναφοράς διείσδυση της πυρηνικής ενέργειας απαιτεί περισσότερες επενδύσεις, καθώς σε σύγκριση με άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής, η πυρηνική ενέργεια είναι υψηλότερης εντάσεως κεφαλαίου. Τα κεφαλαιουχικά προϊόντα που απαιτούνται για την ολοκλήρωση αυτών των επενδύσεων παράγονται εγχωρίως, συνεπώς αυξάνεται τόσο η οικονομική δραστηριότητα όσο και η ζήτηση για πρωτογενείς παραγωγικούς συντελεστές όπως είναι το κεφάλαιο και η εργασία. Κατά συνέπεια, οι τιμές ισορροπίας τους αναπροσαρμόζονται προς τα άνω, επηρεάζοντας αντιστοίχως τις τιμές όλων των αγαθών και υπηρεσιών. Από την άλλη πλευρά, η περαιτέρω ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας συνεπάγεται χαμηλότερη -σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς- τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που με τη σειρά του ωθεί προς τα κάτω και τις τιμές των αγαθών και υπηρεσιών. Η ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής οικονομίας ενισχύεται, καθώς οι εξαγωγές αυξάνονται ενώ οι εισαγωγές είναι σχετικά λιγότερες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, η επίδραση στο κόστος της ενέργειας κυριαρχεί της επίδρασης στις τιμές των πρωτογενών συντελεστών στην εγχώρια αγορά, κατά συνέπεια το συνολικό επίπεδο τιμών μειώνεται. Η ανταγωνιστικότητα της οικονομίας βελτιώνεται, οδηγώντας σε ταχύτερη αύξηση του ΑΕΠ σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Τα θετικά αποτελέσματα στην εγχώρια δραστηριότητα οδηγούν στη αύξηση της απασχόλησης και του πραγματικού μισθού, βελτιώνοντας έτσι την συνολική ευημερία στην περιοχή. Η αξιολόγηση του σεναρίου με βάση τον δείκτη ευημερίας δεν αποτυπώνει πλήρως το κόστος προσαρμογής του καταναλωτή καθώς στον δείκτη αυτό δεν περιλαμβάνονται τα εξωτερικά κόστη όπως τα οφέλη από την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η ενεργειακή ανεξάρτηση της οικονομίας από εισαγόμενα καύσιμα καθώς και το κόστος διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων.

Τα σημεία που δεν κάλυψε η παρούσα διατριβή και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον και αντικείμενο μελλοντικών προεκτάσεων είναι:

Ανάπτυξη υπολογιζόμενων μοντέλων γενικής ισορροπίας τα οποία θα αναπαριστούν την τεχνολογική πρόοδο ενδογενώς. Σημαντικά σημεία έρευνας προς αυτήν την κατεύθυνση

αφορούν ο σαφής προσδιορισμός των κύριων μηχανισμών επένδυσης σε έρευνα και ανάπτυξη τόσο από τις επιχειρήσεις όσο και από τον δημόσιο τομέα. Επιπλέον ιδιαίτερη σημασία έχει ο προσδιορισμός του τρόπου διάχυσης της καινοτομίας στο οικονομικό σύστημα.

Σε άμεση συνάφεια με την επέκταση ατελούς ανταγωνισμού στις αγορές προϊόντων προόδου βρίσκεται και η επέκταση που αφορά στον ξεχωριστό προσδιορισμό των τιμών και ποσοτήτων του υποδείγματος. Τα υποδείγματα γενικής ισορροπίας προκειμένου να προσαρμοστούν σε ένα έτος βάσης υιοθετούν τη σύμβαση Harberger (υποθέτουν δηλαδή μοναδιαίες τιμές οι οποίες προσαρμόζονται ανάλογα με τους υπάρχοντες φορολογικούς συντελεστές). Ο υπολογισμός των ποσοτήτων κατ'αυτόν τον τρόπο δεν λαμβάνει υπ' όψιν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων.

Βελτίωση του μηχανισμού επενδύσεων και κινητικότητας κεφαλαίων έτσι ώστε να περιληφθεί η έννοια του διαφορετικού ρίσκου ανάλογα με τον προορισμό τοποθέτησης των κεφαλαίων. Η επέκταση αυτή μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση του τρόπου προσαρμογής του παγκόσμιου οικονομικού συστήματος υπό το πρίσμα πολιτικών που αφορούν την απελευθέρωση του διεθνούς εμπορίου και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.

Προσδιορισμός συμπεριφοράς διαφορετικών τύπων νοικοκυριών στο πλαίσιο γενικής ισορροπίας. Η αναπαράσταση διαφορετικών τύπων νοικοκυριών αφορά τόσο στον προσδιορισμό διαφορετικών προτύπων κατανάλωσης όσο και στην ύπαρξη μισθολογικών διαφορών ανάλογα με την ειδίκευση του εργατικού δυναμικού. Η ανάπτυξη αυτή περιλαμβάνει και τον ενδογενή υπολογισμό της απόφασης για επένδυση σε ανθρώπινο δυναμικό.

Η προσαρμογή των μοντέλων γενικής ισορροπίας σε ένα έτος βάσης υποδηλώνει αυτόματα ότι η οικονομία σε εκείνη την χρονική περίοδο βρισκόταν σε καθεστώς μακροχρόνιας ισορροπίας. Αυτή ή περιοριστική υπόθεση μπορεί να ξεπεραστεί με την οικονομετρική εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος στο έτος βάσης.

*BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 8.*

1. Amendola M., Gaffard J.-L. and Saraceno F. (2005), Structural Change and Economic Dynamics, *Volume 16, Issue 2, June 2005, Pages 243-261*
2. Soete L. and Freeman C. (2007), "Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past," *UNU-MERIT Working Paper Series 001, United Nations University, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology*
3. Vandebussche J., Aghion P. and Meghir C. (2006). "Growth, distance to frontier and composition of human capital," *Journal of Economic Growth, Springer, vol. 11(2), pages 97-127, June.*
4. Baldwin, R, 2005, Heterogeneous Firms and Trade: Testable and Untestable Properties of the Melitz Model, NBER Working Paper 11471
5. Balistreri, E.J., R.H. Hillberry and T.F. Rutherford, 2007, Structural Estimation and Solution of International Trade Models with Heterogeneous Firms, mimeo
6. Helpman, E, M.J. Melitz and S.R. Yeaple, 2004, Export Versus FDI with Heterogeneous Firms, *American Economic Review* 94(1), pp. 300-316
7. Savard, L. (2003) 'Poverty and Income Distribution in a CGE-household Sequential Model', International Development Research Centre – IDRC processed, 32p..
8. Bourguignon, F. and A. Spadaro (2006) Microsimulation as a Tool for Evaluating Redistribution Policies. Society for the Study of Economic Inequality, Working Paper 2006 – 20.
9. Davies, J.B. (2004) Microsimulation, CGE and Macro Modelling for Transition and Developing Economies. UNU/WIDER research paper.
10. Héroult, N. (2005) Building and Linking a Microsimulation Model to a CGE Model: The South African Microsimulation Model. IFRéDE DT/114/2005.
11. Horridge, M. and F. Zhai (2006) Shocking a Single Country CGE Model with Export Prices/Quantities from a Global Model. Special Issue on Poverty and WTO, World Bank, Trade Electronic Newsletter Vol. 4, Issue 35, 2006.