



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

Το Κόστος της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρίνα Ελένη Α. Ζαμπάρα

Γεώργιος Β. Καραπάνος

Επιβλέπων : Παντελής Κάπρος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2010



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

Το Κόστος της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρίνα Ελένη Α. Ζαμπάρα

Γεώργιος Β. Καραπάνος

Επιβλέπων : Παντελής Κάπρος
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 12^η Ιουλίου 2010.

.....
Παντελής Κάπρος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Κωνσταντίνος Βουρνάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Γεώργιος Κορρές
Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2010

.....

Μαρίνα Ελένη Α. Ζαμπάρα

Γεώργιος Β. Καραπάνος

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρίνα Ελένη Ζαμπάρα, 2010.

Copyright © Γεώργιος Καραπάνος, 2010.

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.

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ποσοτικοποίηση των φυσικών και οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα και η αποτίμηση των συνεπειών αυτών για το σύνολο της ελληνικής οικονομίας με την χρήση του οικονομικού μοντέλου γενικής ισορροπίας GEM-E3. Μελετώνται σενάρια μη δράσης, προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και μετριασμού της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των σεναρίων αυτών είναι δυνατόν να ασκηθεί ανάλυση κόστους-οφέλους των δράσεων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Στο σενάριο της μη δράσης γίνεται η παραδοχή πως η αλλαγή του κλίματος συντελείται χωρίς να γίνεται καμία ενέργεια για την πρόληψη ή την αντιμετώπισή της. Οι επιπτώσεις μελετώνται για τους τομείς της γεωργίας, των πλημμύρων των ποταμών, των παράκτιων περιοχών, του τουρισμού, της υγείας, των δασικών πυρκαγιών, της διαθεσιμότητας νερού και της ζήτησης ενέργειας. Ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης είναι το έτος 2050, το οποίο θεωρείται αντιπροσωπευτικό της περιόδου 2040-2070. Δεδομένου ότι οι τεχνικές αναλύσεις που αφορούν τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα δεν έχουν εκπονηθεί, χρησιμοποιούνται εκτιμήσεις διεθνών μελετών. Για τους τομείς της γεωργίας, των πλημμύρων των ποταμών, των παράκτιων συστημάτων, του τουρισμού και της υγείας γίνεται αναγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης PESETA (Ciscar 2009) στο επίπεδο της Ελλάδος. Για τους υπόλοιπους τομείς, γίνονται εκτιμήσεις με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Τα στοιχεία των φυσικών συνεπειών τροφοδοτούν κατάλληλες παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3, με το οποίο εκτιμάται η επίδραση της κλιματικής αλλαγής συνολικά στην ελληνική οικονομία. Για το σενάριο της προσαρμογής απέναντι στην κλιματική αλλαγή, την λήψη δηλαδή μέτρων για την άμβλυση των φυσικών και οικονομικών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος, η παρούσα εργασία κάνει ενδεικτική καταγραφή των μέτρων προσαρμογής που μπορούν να ληφθούν για κάθε έναν από τους προαναφερθέντες τομείς. Γίνεται μελέτη με το μοντέλο GEM-E3 για την επίδραση στην ελληνική οικονομία των δράσεων προσαρμογής στα παράκτια συστήματα, χρησιμοποιώντας αποτελέσματα διαθέσιμα από την μελέτη PESETA. Η μελέτη του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου γίνεται με την χρήση του ενεργειακού μοντέλου PRIMES. Προσομοιώνεται η αναδιάρθρωση της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας με στόχο την μείωση των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου κατά 75% μέχρι το 2050 και υπολογίζεται το αντίστοιχο κόστος. Συγκεντρώνοντας τις εκτιμήσεις των παραπάνω μελετών, συγκρίνεται το κόστος των σεναρίων της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού για την χρονική περίοδο 2010-2070 με αναγωγή του κάθε κόστους σε παρούσα αξία, σύμφωνα με διάφορες υποθέσεις επιτοκίου προεξόφλησης. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της μελέτης, ο συνδυασμός του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής με την λήψη μέτρων για την προσαρμογή στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι η δράση με το μικρότερο κόστος για την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Σε κάθε περίπτωση η μη δράση επιφέρει το μεγαλύτερο κόστος.

Λέξεις Κλειδιά: κλιματική αλλαγή, μη δράση, προσαρμογή, μετριασμός, γενική ισορροπία

Abstract

The scope of the present Thesis is the quantification of the physical and economic effects of climate change in Greece, as well as the assessment of these effects on the Greek economy, using the General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions, GEM-E3. The study examines the scenarios of inaction towards climate change, adaptation to climate change and mitigation of climate change by reducing greenhouse gas emissions. The study carries out a cost-benefit analysis through a comparison of the costs associated with each of the above scenarios. The inaction scenario is constructed under the assumption that climate change occurs without taking any action towards its prevention or towards dealing with its consequences. In estimating the impact of climate change, eight categories have been addressed: agriculture, river floods, coastal systems, tourism, health, forest fires, water availability and energy demand. The time window of the study is the period 2040-2070. Because technical analyses for the physical impact of climate change in Greece have not been conducted, the study uses estimates from international studies. Regarding the categories of agriculture, river floods, coastal systems, tourism and health, the study utilises the estimates made in the PESETA project (Ciscar 2009) while for the rest categories, estimates are made based on existing literature. The estimates of the economic impact are associated with parameters of the GEM-E3 model, which yields the overall impact of climate change in the Greek economy. The adaptation scenario, assumes that adequate measures are being taken for reducing, or even eliminating the physical and economic impact of climate change. The study lists indicative measures of adapting to the impact of climate change on the above-mentioned categories. Additionally, the GEM-E3 model is used to study the economic effect of adaptation measures on coastal systems specifically, using corresponding estimates from the PESETA project. The study of mitigation of climate change is conducted with the PRIMES energy model. The study simulates the restructuring of the energy production and consumption system in order to reduce the greenhouse gas emissions by 75% by 2050 and it calculates the corresponding costs. The final estimates concerning the cost of inaction, adaptation and mitigation scenarios are being compared for the time period 2010-2070 discounting future costs to present value, using different discount rates. In conclusion, in order to minimize the cost of climate change in Greece, the optimal solution lies in combining effectively adaptation measures and mitigation strategies. In every case, the inaction scenario leads to higher costs.

Key words: climate change, inaction, adaptation, mitigation, general equilibrium

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Παντελή Κάπρο για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε με το παρόν ερευνητικό αντικείμενο, καθώς και την συνεχή του καθοδήγηση. Ευχαριστούμε επίσης τον κύριο Λεωνίδα Παρούσο για την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησής της. Τέλος, ευχαριστούμε όλους όσους απασχολούνται στο Εργαστήριο Υποδειγμάτων Οικονομίας-Ενέργειας-Περιβάλλοντος του ΕΜΠ για την συνεργασία τους καθ' όλη την παραμονή μας σε αυτό.

Ορολογία

<i>Μη δράση:</i>	Λήψη καμίας πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής
<i>Προσαρμογή:</i>	Προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες και άμβλυνση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής μέσω της λήψης κατάλληλων μέτρων
<i>Μετριασμός:</i>	Μετριασμός της έντασης της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου
<i>Κόστος κλιματικής αλλαγής:</i>	Το σύνολο των οικονομικών συνεπειών που επιφέρει η αλλαγή του κλίματος
<i>Κόστος μη δράσης:</i>	Το κόστος της κλιματικής αλλαγής
<i>Κόστος κλιματικής αλλαγής με προσαρμογή:</i>	Το σύνολο των οικονομικών συνεπειών που επιφέρει η αλλαγή του κλίματος μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής
<i>Κόστος κλιματικής αλλαγής με μετριασμό:</i>	Το σύνολο των οικονομικών συνεπειών που επιφέρει η αλλαγή του κλίματος μετά την λήψη μέτρων μετριασμού
<i>Κόστος μέτρων προσαρμογής:</i>	Το κόστος των μέτρων που λαμβάνονται για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή
<i>Κόστος μετριασμού/ κόστος μέτρων μετριασμού:</i>	Το κόστος των δράσεων για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου
<i>Συνολικό κόστος προσαρμογής:</i>	Το κόστος των μέτρων της προσαρμογής και το κόστος της κλιματικής αλλαγής με προσαρμογή
<i>Συνολικό κόστος μετριασμού:</i>	Το κόστος των μέτρων μετριασμού και το κόστος της κλιματικής αλλαγής με μετριασμό

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή	19
1.1 Η κλιματική αλλαγή	19
1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	20
1.3 Μεθοδολογία της μελέτης	21
1.4 Οργάνωση κειμένου	24
Κεφάλαιο 2 : Επισκόπηση Βιβλιογραφίας	27
2.1 Εισαγωγή	27
2.2 Σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής	27
2.3 Το κόστος της μη δράσης	31
2.3.1 Άμεσες και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις- η χρήση των μοντέλων γενικής ισορροπίας	32
2.3.2 Χρονική αποτίμηση του κόστους- τεχνική της μείωσης	33
2.3.3 Φάσμα περιπτώσεων που καλύπτεται	34
2.3.4 Προσαρμογή στις νέες κλιματικές συνθήκες	36
2.4 Το κόστος του μετριασμού	38
2.5 Το κόστος της προσαρμογής	39
2.6 Υπάρχουσες μελέτες: Τί περιλαμβάνουν και σε τί αποτελέσματα καταλήγουν	40
2.7 Η κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Μεσογείου	42
Κεφάλαιο 3 : Το οικονομικό μοντέλο GEM-E3 και διαμόρφωση της βάσης δεδομένων του	45
3.1 Το μοντέλο GEM-E3	45
3.2 Διαμόρφωση της βάσης δεδομένων του GEM-E3	45
3.2.1 Πίνακας Εισροών-Εκροών	48
3.2.2 Συναλλαγές μεταξύ θεσμικών μονάδων	50
3.2.3 Πίνακας κατανάλωσης	51
3.2.4 Φόροι	52
3.2.5 Αέρια του θερμοκηπίου	53
Κεφάλαιο 4 : Μελέτη του κόστους της μη δράσης	55
4.1 Εισαγωγή	55
4.2 Ορισμός σεναρίου μη δράσης για την Ελλάδα	58
4.2.1 Γεωργία	60
Φυσικές συνέπειες	60

Οικονομικές Επιπτώσεις.....	63
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	63
4.2.2 Πλημμύρες Ποταμών.....	65
Φυσικές Συνέπειες	65
Οικονομικές επιπτώσεις.....	66
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	67
4.2.3 Παράκτιες περιοχές.....	70
Φυσικές συνέπειες	71
Οικονομικές Επιπτώσεις.....	72
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	73
4.2.4 Τουρισμός.....	75
Φυσικές συνέπειες	75
Οικονομικές Επιπτώσεις.....	77
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	79
4.2.5 Υγεία	81
Φυσικές συνέπειες	81
Οικονομικές Επιπτώσεις.....	82
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	85
4.2.6 Δασικές Πυρκαγιές	86
Φυσικές Συνέπειες	86
Οικονομικές επιπτώσεις.....	87
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	88
4.2.7 Διαθεσιμότητα Νερού	90
Φυσικές Συνέπειες	90
Οικονομικές Επιπτώσεις.....	91
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	93
4.2.8 Ζήτηση Ενέργειας.....	95
Φυσικές Συνέπειες	95
Οικονομικές Επιπτώσεις.....	96
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	97
4.2.9 Σύνοψη των εκτιμήσεων	97
4.3 Γενική ισορροπία και το σύστημα λογαριασμών εισροών-εκροών	100
4.3.1 Μελέτη περίπτωσης με το υπόδειγμα Leontief.....	106
4.4 Αποτελέσματα της μελέτης με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3	114

4.4.1	Συνολική Αποτίμηση.....	115
4.4.2	Ανάλυση των επιπτώσεων ανά τομέα της μελέτης	116
4.4.3	Ανάλυση ευαισθησίας.....	121
4.5	Εκτίμηση του κόστους της μη δράσης	123
Κεφάλαιο 5 : Μελέτη του κόστους του μετριασμού.....		125
5.1	Διαμόρφωση σεναρίων	125
5.1.1	Baseline 2009: Σενάριο Αναφοράς.....	125
5.1.2	Mitigation: Σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.....	126
5.2	Αποτελέσματα της μελέτης με το ενεργειακό μοντέλο PRIMES.....	127
5.2.1	Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	128
5.2.2	Τελική κατανάλωση ενέργειας.....	129
5.2.3	Κατανάλωση ηλεκτρισμού	131
5.2.4	Αναδιάρθρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	134
5.2.5	Κόστος της ενέργειας και τιμή του ηλεκτρισμού	137
5.3	Εκτίμηση του κόστους του μετριασμού.....	138
Κεφάλαιο 6 : Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή		141
6.1	Μέτρα προσαρμογής	141
6.2	Μελέτη περίπτωσης προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή	144
	Άμβλυνση των φυσικών συνεπειών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής	144
	Οικονομικές Επιπτώσεις.....	145
	Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3	147
	Αποτελέσματα της μελέτης με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3	147
6.3	Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής	149
Κεφάλαιο 7 : Ανάλυση κόστους-οφέλους		151
7.1	Εισαγωγή	151
7.2	Συγκέντρωση και χρονική τοποθέτηση των εκτιμήσεων του κόστους της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού	151
7.3	Εφαρμογή επιτοκίου μείωσης	154
7.4	Αποτίμηση κόστους-οφέλους	156
	Το κόστος και το όφελος του μετριασμού	156
	Το κόστος και το όφελος της προσαρμογής	158
	Συνολική αποτίμηση κόστους-οφέλους.....	161
Κεφάλαιο 8 : Επίλογος		163

8.1	Σύνοψη αποτελεσμάτων	163
8.2	Αξιολόγηση	164
8.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	165
	Παράρτημα Α: Το μοντέλο PRIMES	167
	Παράρτημα Β: Το μοντέλο GEM-E3.....	171
	Παράρτημα Γ: Τα αέρια του θερμοκηπίου	173
	Ευρετήριο Πινάκων	177
	Ευρετήριο Διαγραμμάτων	179
	Ευρετήριο σχημάτων.....	181
	Βιβλιογραφία.....	183

«...Mankind is playing dice with the natural environment through a multitude of interventions-injecting into the atmosphere trace gases like the greenhouse gases or ozone-depleting chemicals, engineering massive land-use changes such as deforestation, depleting multitudes of species in their natural habitats even while creating transgenic ones in the laboratory, and accumulating sufficient nuclear weapons to destroy human civilizations. ...Technology has increasingly insulated humans and economic activity from the vagaries of climate. » (W. Nordhaus 1993)

«...η ανθρωπότητα παίζει ζάρια με το φυσικό περιβάλλον μέσα από μια πληθώρα παρεμβάσεων-όταν (injecting) γεμίζει την ατμόσφαιρα με ίχνη αερίων όπως τα αέρια του θερμοκηπίου ή χημικά που εξαντλούν το όζον, όταν επινοεί μαζική χρήση της γης όπως την αποψίλωση των δασών, όταν προκαλεί την εξαφάνιση απείρων ειδών στο φυσικό τους περιβάλλον ακόμα και όταν δημιουργεί τερατογεννέσεις στα εργαστήρια και συσσωρεύει επαρκή πυρηνικά όπλα για να καταστρέψει τον ανθρώπινο πολιτισμό... η τεχνολογία προσφέρει μόνωση στον άνθρωπο και τις οικονομικές δραστηριότητες από τις ιδιορρυθμίες του κλίματος»

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Η κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί αναμφισβήτητα μείζον περιβαλλοντικό αλλά και πολιτικό, οικονομικό και ηθικό ζήτημα της σύγχρονης εποχής, και η αντιμετώπισή της, μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει ο σύγχρονος άνθρωπος.

Η βιομηχανική δραστηριότητα του ανθρώπου, προερχόμενη από την βιομηχανική επανάσταση και οδηγούμενη από μια ιλιγγιώδους ταχύτητας τεχνολογική εξέλιξη στην σημερινή οικονομία, έχει να επιδείξει αναρίθμητα οφέλη για την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων. Καθώς όμως είναι πρωτογενώς βασισμένη στην καύση ορυκτών καυσίμων, το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται και το οποίο έχει συσσωρευτεί στην ατμόσφαιρα, βρίσκεται πλέον σε τέτοιες υψηλές συγκεντρώσεις ώστε να διαταράσσεται η ισορροπία της ατμοσφαιρικής σύστασης και να αυξάνεται με εκθετικό ρυθμό η μέση θερμοκρασία της γης (το γνωστό «φαινόμενο του θερμοκηπίου»). Φυσικά, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, και άλλα αέρια, παράγωγα της ανθρώπινης δραστηριότητας επιβαρύνουν το φαινόμενο. Οι μακροχρόνιες συνέπειες της αύξησης αυτής είναι καταστροφικές για τον πλανήτη, συμπεριλαμβανομένου- όπως είναι αυτονόητο- και του ανθρώπου. Ήδη η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0,7°C από το 1900 (Stern 2007) · η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα είναι σε τόσο υψηλά επίπεδα που είναι αδύνατον ακόμα και με πλήρη παύση των εκπομπών σήμερα, να αποφύγουμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C περίπου (σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή) μέχρι το 2100. Συνέχιση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων με την ίδια ένταση εκπομπών, εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε αύξηση κατά 6°C μέχρι το 2100, μια αύξηση που οι συνέπειές της είναι δραματικές για το κλίμα και την μορφή του πλανήτη όπως την γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Επομένως είναι επιτακτική η ανάγκη να αναχαιτιστεί η εκθετική αύξηση της θερμοκρασίας όσο το δυνατόν συντομότερο και για τον σκοπό αυτό πρέπει να κινηθούν αποφασιστικά όλοι οι μηχανισμοί της σύγχρονης κοινωνίας και να γίνουν εκ βάθρου αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της.

Χρειάζεται λοιπόν να ενταχθεί στο ισχύον σύστημα λήψης πολιτικών αποφάσεων ο παράγοντας «κλιματική αλλαγή». Για να είναι αυτό πρακτικά δυνατόν θα πρέπει να γίνει μετάφραση της έννοιας «κλιματική αλλαγή» σε οικονομικούς όρους, σε κόστος και όφελος. Χρησιμοποιώντας εκτιμήσεις των οικονομικών, χρηματικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής μπορεί να ασκηθεί ανάλυση της όποιας πολιτικής μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.

Ο ρόλος της τεχνολογίας είναι εξαιρετικά σημαντικός μέσω της εστίασης στην αναζήτηση λύσεων που θα μειώσουν δραστικά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και που ίσως μακροπρόθεσμα αλλάξουν εντελώς την βιομηχανία και τον τρόπο ζωής μας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι σαφώς προσανατολισμένη στο να πρωταγωνιστήσει στην μεταβίβαση αυτή, έχοντας θεσπίσει τα κατάλληλα νομοθετικά και λειτουργικά όργανα και επενδύοντας στην τεχνογνωσία και το ανθρώπινο δυναμικό της. Για την Ελλάδα, πέρα από την υποχρέωση να ακολουθήσει τις ταγές της Ε.Ε., η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η προστασία του περιβάλλοντος μπορεί να αναδειχθεί σε μεγάλη αναπτυξιακή ευκαιρία.

Οι αντιδράσεις και οι προβληματισμοί που συνοδεύουν την κλιματική αλλαγή είναι πολλές, τόσο σε επίπεδο κλιματολογικό όσο και σε πολιτικό-οικονομικό. Το μεγαλύτερο ερώτημα είναι κατά πόσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες επεμβαίνουν με τόσο ριζικό τρόπο στο κλίμα και κατά πόσο όντως κινδυνεύει η ανθρωπότητα από το να μην δράσει άμεσα. Σκεπτικιστές προβάλλουν το ερώτημα του αν τα δεδομένα που προκύπτουν είναι πολιτικώς κατευθυνόμενα ή έστω ότι η εξαγωγή τους είναι επηρεασμένη από προϋπάρχουσες πεποιθήσεις. Οι επιστήμονες έχουν καθολικά αποδεχθεί ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και ακόμα και αν δεχθούμε ότι η κλιματική αλλαγή είναι κάτι που συντελείται ανεξαρτήτως της ανθρώπινης παρέμβασης, είναι αναμφισβήτητο το ότι συμβάλει στην επιτάχυνσή της. Προβληματισμοί αφορούν επίσης και στην λειτουργικότητα και αποδοτικότητα που μπορεί να έχουν μέτρα οικονομικής φύσεως, όπως η δημιουργία αγοράς του διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, κατά τους συγγραφείς, τουλάχιστον δυο σημεία είναι αναμφισβήτητα: πρώτον, η κλιματική αλλαγή κρύβει την έννοια της καταστροφής, επομένως η απόφαση να μείνουμε αδρανείς εμπεριέχει μεγάλο ρίσκο, και δεύτερον, η τεχνολογική εξέλιξη θα παίξει σίγουρα τον πρωταγωνιστικό ρόλο και οποιαδήποτε προσπάθεια πρέπει να εστιάσει σε αυτήν την κατεύθυνση.

1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία συμβάλλει στην προσέγγιση των οικονομικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική οικονομία, με την εκπόνηση προκαταρκτικής μελέτης του κόστους της κλιματικής αλλαγής για την Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται στα πλαίσια της γενικής ισορροπίας, με την χρήση του μοντέλου γενικής ισορροπίας GEM-E3 (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions). Μελετώνται:

- Το κόστος και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική οικονομία για ένα σενάριο «μη δράσης», στο οποίο θεωρείται ότι η κλιματική αλλαγή συντελείται αμείωτη και δεν λαμβάνεται καμία απόφαση για την αντιμετώπισή της. Μελετώνται οι επιπτώσεις στους τομείς της γεωργίας, των παραποτάμιων περιοχών, των παράκτιων συστημάτων, του τουρισμού, της υγείας, των δασικών πυρκαγιών, της διαθεσιμότητας νερού και της ζήτησης ενέργειας.
- Το κόστος του «μετριασμού της κλιματικής αλλαγής». Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων που πρέπει να ληφθούν ώστε να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν περαιτέρω το κλίμα. Συγκεκριμένα, μελετάται η αναδιάρθρωση της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, έτσι ώστε οι εκπομπές να περιοριστούν κατά 75% σε σχέση με το αντίστοιχο επίπεδο του 1990, μέχρι το 2050. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τον περιορισμό της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στα 450ppm και της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2°C, όπως αποφασίστηκε στην διάσκεψη της Κοπεγχάγης.
- Το κόστος της «προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή», δηλαδή της λήψης μέτρων τα οποία αμβλύνουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Μελετάται μεμονωμένα το κόστος της προσαρμογής για τα παράκτια συστήματα, ενώ αξιοποιούνται εκτιμήσεις μελετών πάνω στην προσαρμογή για να προσεγγιστεί το κόστος της προσαρμογής ευρύτερα στην ελληνική οικονομία.

Τέλος, γίνεται σύγκριση των εκτιμήσεων των προαναφερθέντων μελετών και πραγματοποιείται ανάλυση κόστους-οφέλους. Με τον τρόπο αυτό, εξάγονται προκαταρκτικά συμπεράσματα που αφορούν στην βέλτιστη δράση της Ελλάδας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Η μελέτη του κόστους της μη δράσης και της προσαρμογής έγινε στα πλαίσια προγράμματος, συντονισμένου από την Τράπεζα της Ελλάδος. Η μελέτη του μετριασμού, έχει πραγματοποιηθεί από το Εργαστήριο Υποδειγμάτων Οικονομίας-Ενέργειας-Περιβάλλοντος (E3-MLab) του ΕΜΠ στα πλαίσια σχετικής μελέτης για την Ευρώπη (2008).

1.3 Μεθοδολογία της μελέτης

Ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης είναι το έτος 2050, το οποίο και θεωρήθηκε αντιπροσωπευτικό της περιόδου 2040-2070.

Η μελέτη του κόστους της μη δράσης βασίζεται στην μελέτη PESETA¹ (Ciscar 2009). Στην μελέτη PESETA αναπτύσσονται τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, τα οποία υιοθετούνται και από την παρούσα εργασία. Τα σενάρια αυτά έχουν προκύψει από την χρήση δυο κλιματικών μοντέλων και δυο σεναρίων που αποτυπώνουν κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις. Αρχικά, γίνεται **προσδιορισμός των πιθανών άμεσων, φυσικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής** και ποσοτικοποίησή τους, για καθένα από τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης του κλίματος. Οι φυσικές συνέπειες είναι αποτέλεσμα των μεταβολών που πιθανόν να παρατηρούνται στις κλιματικές παραμέτρους το 2050 (2040-2070). Στην συνέχεια, **γίνεται σύνδεση των φυσικών αυτών συνεπειών με οικονομικές επιπτώσεις**. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποίησε τις εκτιμήσεις της μελέτης PESETA για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στους τομείς της γεωργίας, των παραποτάμιων περιοχών, των παράκτιων συστημάτων, του τουρισμού και της υγείας. Συγκεκριμένα, έγινε αναγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης PESETA για την περιοχή της Νότιας Ευρώπης, ούτως ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά για την Ελλάδα. Για τους τομείς της διαθεσιμότητας νερού, των δασικών πυρκαγιών και της ζήτησης ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν εκτιμήσεις προερχόμενες από ποικιλία άλλων μελετών.

Προκύπτει λοιπόν, ένα σύνολο από οικονομικές μεταβολές οι οποίες οφείλονται στο κλίμα του 2050. Οι μεταβολές αυτές **εισάγονται στο μοντέλο γενικής ισορροπίας GEM-E3** του οποίου τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τις συνέπειες στο σύνολο της ελληνικής οικονομίας, με την μορφή ποσοστιαίας μείωσης του ΑΕΠ και της Ευημερίας των πολιτών. Τα αποτελέσματα αντανακλούν μεταβολές που θα επέφερε το κλίμα του 2050 στην οικονομία του 2010. Θεωρείται ότι η ποσοστιαία αυτή μεταβολή του ΑΕΠ αντανακλά την μείωση του ΑΕΠ και στο έτος 2050. Επομένως, μεταφράζεται σε χρηματικό ποσό λαμβάνοντας υπ' όψιν το ΑΕΠ του 2050 (σε χρηματικές αξίες του 2005). Το ποσό αυτό, θεωρείται ότι είναι **το ετήσιο κόστος της κλιματικής αλλαγής** το οποίο θα βαραίνει την ελληνική οικονομία **από το 2040 έως το 2070**.

Για το κόστος της προσαρμογής, ακολουθείται η ίδια διαδικασία. **Το συνολικό κόστος προσαρμογής διακρίνεται σε δυο συνιστώσες: 1) το κόστος των μέτρων προσαρμογής και 2) το κόστος των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής** που δεν εξαλείφονται ακόμη και μετά την λήψη των μέτρων προσαρμογής. Η μελέτη του κόστους προσαρμογής γίνεται μεμονωμένα για τα παράκτια συστήματα.

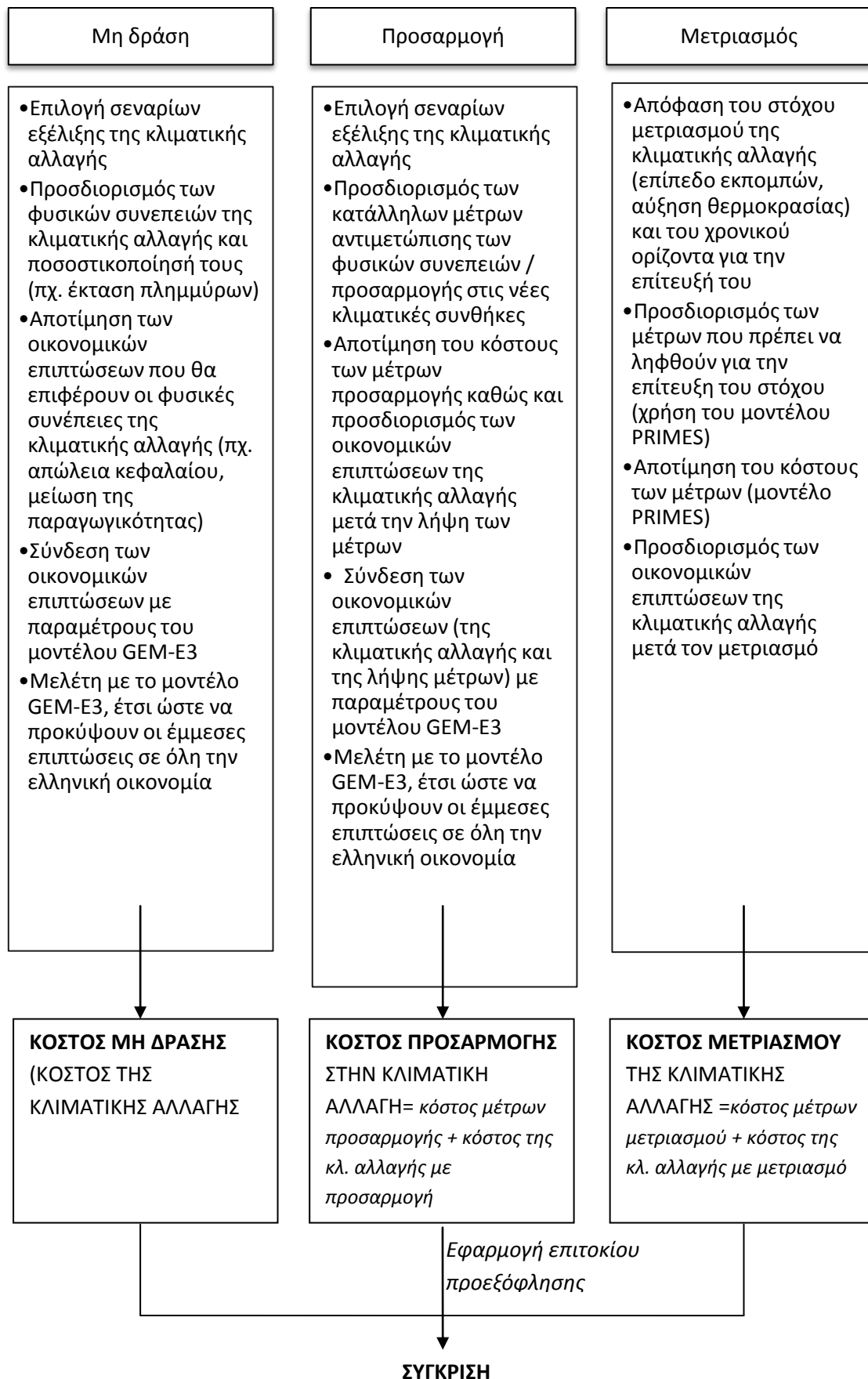
¹ Ciscar, Juan-Carlos. "PESETA research project. Climate change impacts in Europe ." 2009. Η μελέτη PESETA χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission). Αντικείμενο της μελέτης είναι η καταγραφή των πιθανών φυσικών και οικονομικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη κατά τον 21^ο αιώνα, εξετάζοντας τις συνέπειες αυτές στην γεωργία, τις πλημμύρες ποταμών, τα παράκτια συστήματα, τον τουρισμό και την υγεία.

Χρησιμοποιούνται οι εκτιμήσεις της μελέτης PESETA για το κόστος των μέτρων που πρέπει να ληφθούν και της αποτελεσματικότητάς τους. Οι εκτιμήσεις εισάγονται στην συνέχεια στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3 και προκύπτει η αντίστοιχη μεταβολή στο ΑΕΠ.

Ωστόσο, προκειμένου να έχουμε μια εικόνα του συνολικού κόστους και οφέλους της προσαρμογής στην Ελλάδα ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση με τα σενάρια του μετριασμού και της μη δράσης, αξιοποιήθηκαν εκτιμήσεις που παρουσιάζονται στην μελέτη «Assessing the costs of adaptation to climate change» (Parry, et al. 2009) με αντικείμενο το κόστος της προσαρμογής σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι εκτιμήσεις αυτής της μελέτης ανήχθησαν στο επίπεδο της Ελλάδος, για κάθε σενάριο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής.

Η μελέτη του κόστους του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής έχει πραγματοποιηθεί από το Εργαστήριο Υποδειγμάτων Οικονομίας-Ενέργειας-Περιβάλλοντος (E3-MLab) του ΕΜΠ στα πλαίσια σχετικής μελέτης για την Ευρώπη, το 2008. Στην μελέτη αυτή, υιοθετείται ο στόχος της **μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου κατά 75% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990**, στόχος συμβατός με τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2°C μέχρι το 2050 και σταθεροποίησης του κλίματος. Καθώς το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών (περίπου το 95%) οφείλεται στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, εξετάζονται οι επενδύσεις που πρέπει να γίνουν στον τομέα της ενέργειας και η αναδιάρθρωση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού. Η επίτευξη του στόχου γίνεται κυρίως με σταδιακή αύξηση της τιμής του διοξειδίου του άνθρακα (carbon value) (η οποία καθιστά υποχρεωτική την στροφή σε τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) και στροφή των μεταφορών στην χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Η μελέτη προσδιορίζει **το σύνολο των ενεργειών που πρέπει να συντελεστούν από σήμερα μέχρι το 2050** ώστε να επιτευχθεί ο στόχος και **υπολογίζει το κόστος αυτών**.

Τέλος, γίνεται **σύγκριση** του κόστους της μη δράσης, της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και επιχειρείται ανάλυση κόστους-οφέλους. Το οικονομικό κόστος της κλιματικής αλλαγής (μη δράση) και τα κόστη της προσαρμογής και του μετριασμού, θα προκύψουν το καθένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους στο μέλλον. Τα μέτρα του μετριασμού πρέπει να παρθούν βραχυπρόθεσμα (υπολογίζονται έξοδα ήδη από το 2010) ενώ τα οφέλη από αυτά θα είναι αισθητά στο μακρινό μέλλον. Αντίθετα, το κόστος της κλιματικής αλλαγής θα προκύψει στο μέλλον. Ακόμη, τα μέτρα της προσαρμογής λαμβάνονται μεσοπρόθεσμα, ενώ το όφελος της προσαρμογής γίνεται αισθητό στο μέλλον. Προκειμένου να συγκρίνουμε άμεσα τα κόστη και τα οφέλη χρησιμοποιούμε ένα **επιτόκιο προεξόφλησης**. Το επιτόκιο αυτό εκφράζει την προτίμηση να αντιμετωπίσουμε ένα κόστος στο μέλλον παρά στο παρόν. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί τα επιτόκια μείωσης που χρησιμοποιήθηκαν από δυο σημαντικές μελέτες του κόστους της κλιματικής αλλαγής, του Stern (1,4%) και του Nordhaus (3%).



Διάγραμμα 1: Σχηματικό διάγραμμα των σταδίων αποτίμησης του κόστους της κλιματικής αλλαγής που ακολουθήθηκαν στην παρούσα εργασία

1.4 Οργάνωση κειμένου

Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση της εργασίας. Αρχικά γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μελετών που αφορούν την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής. Στην συνέχεια περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθείται στις μέχρι τώρα αναλύσεις του κόστους της κλιματικής αλλαγής και γίνεται συζήτηση ορισμένων στοιχείων αυτής. Παρουσιάζονται ακόμα τα αποτελέσματα σημαντικών ολοκληρωμένων μελετών για το κόστος της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται παρουσίαση του μοντέλου GEM-E3 με το οποίο πραγματοποιήθηκε η μελέτη της μη δράσης και της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων του.

Στο **Κεφάλαιο 4**, μελετάται το κόστος της μη δράσης. Στο υποκεφάλαιο **4.2** εξετάζονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους τομείς της γεωργίας, των πλημμύρων των ποταμών, των παράκτιων περιοχών, του τουρισμού, της υγείας, της διαθεσιμότητας νερού, των δασικών πυρκαγιών και της ζήτησης ενέργειας. Κάθε τομέας μελετάται ξεχωριστά, στα υποκεφάλαια 4.2.1-4.2.8. Για κάθε τομέα παρουσιάζονται **α)** εκτιμήσεις για τις φυσικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, **β)** οι οικονομικές επιπτώσεις που συνδέονται με τις παραπάνω φυσικές συνέπειες, και **γ)** η σύνδεση των οικονομικών αυτών επιπτώσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3. Στο υποκεφάλαιο 4.2.9. παρουσιάζονται συγκεντρωμένες όλες οι εκτιμήσεις για τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως εισήχθησαν στο μοντέλο. Πριν προχωρήσουμε στα αποτελέσματα του μοντέλου, στο υποκεφάλαιο **4.3** συζητείται η γενική ισορροπία, στα πλαίσια της οποίας πραγματοποιείται η μελέτη των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στο σύνολο της ελληνικής οικονομίας. Περιγράφεται το σύστημα λογαριασμών εισροών-εκροών του Leontief, στο οποίο έχει βασιστεί η ανάπτυξη των μοντέρνων μεθόδων ανάλυσης γενικής ισορροπίας. Πραγματοποιείται μελέτη των επιπτώσεων στην ελληνική οικονομία από τις μεταβολές στον τουρισμό λόγω της κλιματικής αλλαγής με το σύστημα του Leontief. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά που έδωσε το μοντέλο GEM-E3 για τον τουρισμό (τα οποία παρουσιάζονται αναδρομικά σε αυτό το υποκεφάλαιο για τους σκοπούς της σύγκρισης) και εξάγονται συμπεράσματα για την καταλληλότητα του συστήματος Leontief για τους σκοπούς μιας τέτοιας μελέτης. Στο υποκεφάλαιο **4.4** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου GEM-E3. Τα αποτελέσματα δίνονται για το σύνολο των επιπτώσεων (4.4.1) και ανά τομέα (4.4.2), έτσι ώστε να γίνει εμφανής η επίδραση κάθε τομέα χωριστά. Στο υποκεφάλαιο 4.4.3 περιγράφονται τα συμπεράσματα αναφορικά με την «ευαισθησία» της ελληνικής οικονομίας στις μεταβολές της κλιματικής αλλαγής για κάθε τομέα ξεχωριστά. Στο υποκεφάλαιο **4.5** γίνεται η εκτίμηση του κόστους της μη δράσης με χρήση των αποτελεσμάτων της μελέτης.

Στο **Κεφάλαιο 5**, μελετάται το κόστος του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Στο υποκεφάλαιο **5.1** περιγράφονται τα μέτρα που περιλαμβάνουν τα σενάρια που διαμορφώθηκαν για την μελέτη του κόστους του μετριασμού. Στο υποκεφάλαιο **5.2** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης για το σύνολο του ελληνικού ενεργειακού συστήματος, ενώ η εκτίμηση για το κόστος του μετριασμού δίνεται στο κεφάλαιο **5.3**.

Στο **Κεφάλαιο 6**, γίνεται η μελέτη της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Στο υποκεφάλαιο **6.1** καταγράφονται ενδεικτικά μέτρα προσαρμογής στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής για τους τομείς που εξετάστηκαν. Στο υποκεφάλαιο **6.2** μελετάται η επίδραση των μέτρων προσαρμογής μόνο στον τομέα των

παράκτιων περιοχών. Παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ του κόστους της μη δράσης και του κόστους της προσαρμογής για τις παράκτιες περιοχές. Στο υποκεφάλαιο **6.3** γίνεται η εκτίμηση του συνολικού κόστους της προσαρμογής στην Ελλάδα.

Στο **Κεφάλαιο 7**, γίνεται ανάλυση κόστους-οφέλους των σεναρίων της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού, και εξάγονται συμπεράσματα για την βέλτιστη δράση της Ελλάδας απέναντι στην κλιματική αλλαγή. Στο υποκεφάλαιο **7.1** συγκεντρώνονται οι εκτιμήσεις του κόστους των σεναρίων της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού και προσδιορίζεται που τοποθετείται χρονικά το κόστος κάθε σεναρίου. Στο υποκεφάλαιο **7.2** γίνεται αναγωγή του κάθε κόστους στο 2010 και στο υποκεφάλαιο **7.3** γίνεται η σύγκριση του κόστους του κάθε σεναρίου και πραγματοποιείται ανάλυση κόστους-οφέλους.

Το **Κεφάλαιο 8** είναι ο επίλογος της εργασίας. Γίνεται σύνοψη των κύριων συμπερασμάτων της μελέτης (**8.1**), αξιολόγηση της μελέτης (**8.2**) και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα (**8.3**).

Κεφάλαιο 2: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθείται στις μέχρι τώρα αναλύσεις που έχουν γίνει σε παγκόσμιο επίπεδο για τον προσδιορισμό του κόστους της κλιματικής αλλαγής, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ολοκληρωμένων σχετικών μελετών, επισημαίνονται παλιές και ισχύουσες τάσεις, καθώς και οι προβληματισμοί που επιφέρουν. Η κατανόηση της μεθοδολογίας και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζει την εκτίμηση του κόστους, εξασφαλίζει ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να αξιοποιηθούν αποδοτικά για την λήψη αποφάσεων και αποτελεί βάση για περαιτέρω πρόοδο στον τομέα αυτό.

Για τον προσδιορισμό του κόστους και της βέλτιστης πολιτικής αντιμετώπισης απέναντι στην κλιματική αλλαγή, οι οικονομικές μελέτες εξετάζουν τρία σενάρια δράσης:

- **Μη δράση (inaction):** επιτρέπουμε στην κλιματική αλλαγή να συντελεστεί αμείωτη.
- **Προσαρμογή (adaptation):** επιτρέπουμε να συντελεστεί αμείωτη η κλιματική αλλαγή και παράλληλα προβαίνουμε σε μέτρα και έργα που θα αμβλύνουν τις συνέπειές της.
- **Μετριασμός (mitigation):** μεταβάλλουμε ριζικά τις ανθρώπινες παραγωγικές δραστηριότητες ώστε να απεξαρτηθούν από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου με σκοπό την σταθεροποίηση του κλίματος. Στο σενάριο αυτό, η κλιματική αλλαγή δεν ακυρώνεται εντελώς (καθώς κάτι τέτοιο είναι αδύνατον) αλλά μετριάζεται σε επίπεδα χαμηλότερα από τα αναμενόμενα.

Σκοπός των οικονομικών μελετών της κλιματικής αλλαγής είναι ο προσδιορισμός του κόστους για τις παραπάνω περιπτώσεις και η σύγκρισή τους. Η ανάλυση που γίνεται είναι ανάλυση κόστους-οφέλους² συγκρίνεται το σημερινό κόστος μετριασμού της κλιματικής αλλαγής με το κόστος προσαρμογής στο νέο κλίμα, στο μέλλον. Το δεύτερο, προκύπτει πάντα μεγαλύτερο, ωστόσο το πρώτο αφορά το παρόν. Ήδη η ιδιαιτερότητα αυτή, καθιστά την εκτίμηση της βέλτιστης δράσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή ένα σύνθετο πρόβλημα (η συζήτηση πάνω στο θέμα αυτό γίνεται με περισσότερη λεπτομέρεια σε επόμενο κεφάλαιο (2.3.2)).

2.2 Σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής

Οι μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αποτελούν προϊόν σύνθετων δυναμικών συστημάτων και καθορίζονται από κινητήριες δυνάμεις όπως η δημογραφική εξέλιξη, η κοινωνική ανάπτυξη, η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος. Μέχρι το 2100² ο κόσμος θα έχει αλλάξει με

² Οι αρχές του επόμενου αιώνα αποτελούν σημείο αναφοράς για την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής.

τρόπους που στο παρόν είναι δύσκολο ακόμη και να φανταστούμε, πόσο μάλλον να προβλέψουμε, όσο δύσκολο θα ήταν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα να προβλεφθούν οι αλλαγές που έχουν γίνει 100 χρόνια μετά. Η μελλοντική εξέλιξη λοιπόν των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, συνεπώς και της κλιματικής αλλαγής, είναι εξαιρετικά αβέβαιες.

Το διακυβερνητικό πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), έχει δημιουργήσει μια σειρά από σενάρια (SRES³) που καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα από αυτά τα μελλοντικά χαρακτηριστικά. Τα σενάρια αποτελούν εικόνες του τρόπου με τον οποίο πιθανόν να εξελιχθεί το μέλλον και είναι κατάλληλα εργαλεία με τα οποία μπορούμε να μελετήσουμε το πώς επηρεάζουν οι κινητήριες δυνάμεις τις μελλοντικές εκπομπές και να εκτιμήσουμε τις σχετικές αβεβαιότητες.

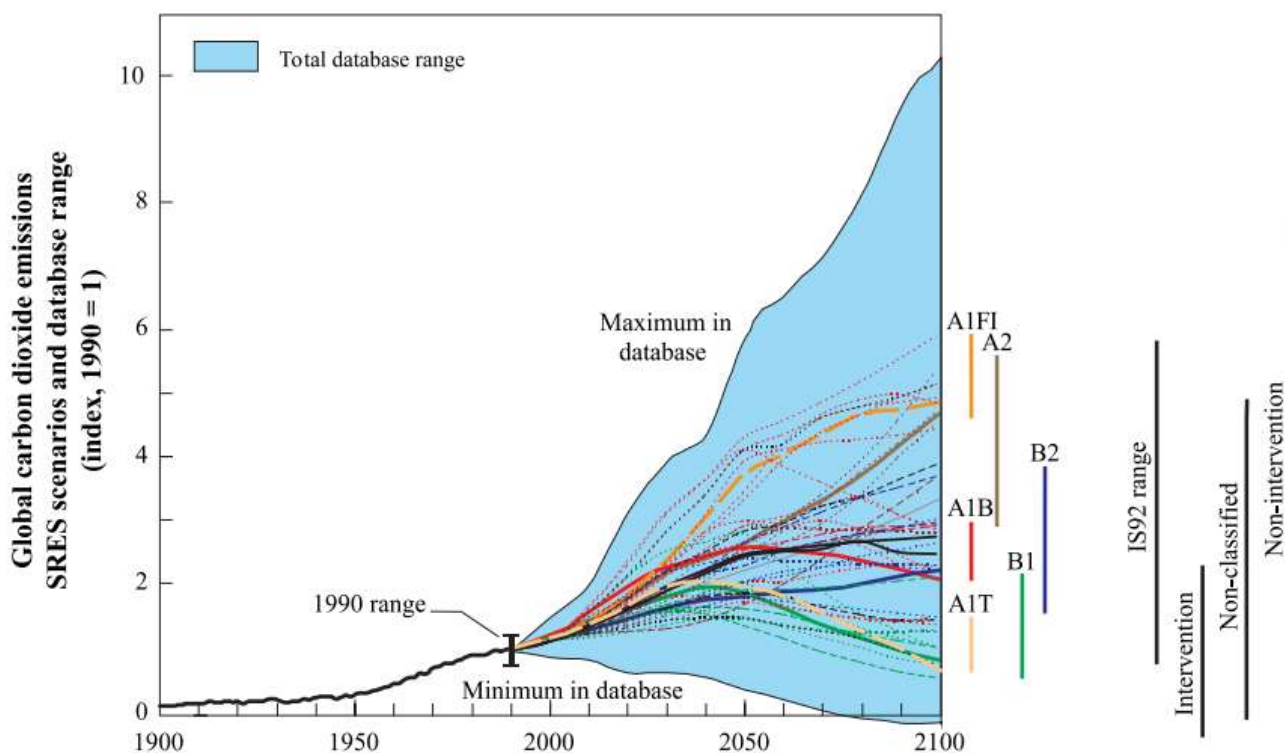
Για την ανάπτυξη των σεναρίων εξέλιξης των εκπομπών υιοθετήθηκαν 4 διαφορετικές «ιστορίες» εξέλιξης του μέλλοντος, οι A1, A2, B1 και B2. Για κάθε μια από αυτές, αναπτύχθηκε μια οικογένεια σεναρίων με κοινά χαρακτηριστικά. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι (IPCC Working Group III 2000):

- Τα σενάρια της οικογένειας **A1** περιγράφουν έναν κόσμο ταχύτατης οικονομικής ανάπτυξης, με πληθυσμό που αυξάνει συνεχώς μέχρι τα μέσα του αιώνα αλλά μειώνεται στην συνέχεια, και με την συνεχή είσοδο νέων και πιο αποδοτικών τεχνολογιών. Στο σενάριο αυτό, ελαχιστοποιούνται οι τοπικές διαφορές στο κατά κεφαλήν εισόδημα, δίνοντας έναν πολύ ομοιογενή κόσμο. Η οικογένεια αυτών των σεναρίων, διακρίνει 3 διαφορετικές «ομάδες σεναρίων» ανάλογα με την κατεύθυνση της τεχνολογίας παραγωγής ενέργειας : βασισμένη στα ορυκτά καύσιμα (A1F1), ανεξαρτημένη από τις ορυκτές πηγές ενέργειας (A1T), ή ισορροπημένη μεταξύ όλων των διαθέσιμων πηγών ενέργειας (A1B).
- Τα σενάρια της οικογένειας **A2** περιγράφουν έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Η βάση για αυτά τα σενάρια είναι η αυτάρκεια σε τοπικό επίπεδο και η συντήρηση των τοπικών ταυτοτήτων. Τα πρότυπα σχετικά με τη γονιμότητα στις διάφορες περιοχές συγκλίνουν πολύ αργά, κάτι που οδηγεί στο συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Η οικονομική ανάπτυξη είναι πρωτίστως τοπικά προσανατολισμένη και η κατά κεφαλήν οικονομική ανάπτυξη και τεχνολογική αλλαγή είναι περισσότερο γεωγραφικά διαμοιρασμένες και πιο αργές σε σχέση με άλλα σενάρια.
- Τα σενάρια της οικογένειας **B1** περιγράφουν έναν ομοιογενή κόσμο, με παγκόσμιο πληθυσμό που αυξάνει μέχρι το μέσο του αιώνα και μειώνεται στην συνέχεια, όπως στα σενάρια A1, αλλά με μεγάλες αλλαγές στην δομή της παγκόσμιας οικονομίας και με την ευρύτατη εισαγωγή των καθαρών και αποδοτικών τεχνολογιών ενέργειας. Έμφαση δίνεται στην υιοθέτηση λύσεων σε παγκόσμιο επίπεδο για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική αειφορία, συμπεριλαμβανομένης της ισότητας μεταξύ των εθνών.
- Τα σενάρια της οικογένειας **B2** περιγράφουν έναν κόσμο στον οποίο η έμφαση δίνεται στις τοπικές λύσεις για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Είναι ένας κόσμος με συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό με ρυθμό χαμηλότερο από το A2, ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης και λιγότερο γρήγορη και πιο ποικίλη τεχνολογική αλλαγή απ' ό,τι σε άλλα σενάρια. Ενώ το σενάριο προσανατολίζεται προς την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική δικαιοσύνη, εστιάζει στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

³ SRES: special report on emission scenarios. Τα σενάρια SRES αναπτύχθηκαν για την «Τρίτη Έκθεση Αξιολόγησης» του 2001, προς αντικατάσταση των σεναρίων IS92 που είχαν αναπτυχθεί για την «Δεύτερη Έκθεση Αξιολόγησης» το 1995. Τα σενάρια SRES χρησιμοποιήθηκαν και κατά την «Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης» το 2007 και αποτελούν μέχρι σήμερα τα πιο διαδεδομένα σενάρια εξέλιξης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ενώ υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές και βελτιώσεις για να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά.

Συνολικά αναπτύχθηκαν 40 διαφορετικά σενάρια, βασισμένα στα παραπάνω χαρακτηριστικά. Το σύνολο αυτών και το εύρος των πιθανών εκπομπών φαίνεται στο Σχήμα 1:

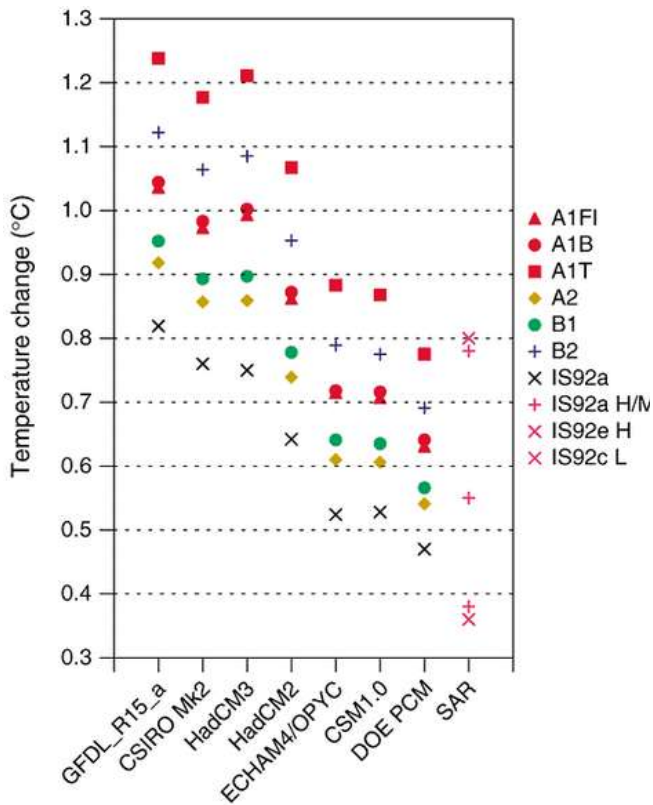
Σχήμα 1: Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με την ενέργεια και την βιομηχανία όπως έχουν καταγραφεί από το 1900 έως το 1990, και εκπομπές σύμφωνα με τα 40 SRES σενάρια από το 1990 μέχρι το 2100. Οι εκπομπές παρουσιάζονται ως προς τα επίπεδα του έτους 1990



Πηγή: (IPCC Working Group III 2000)

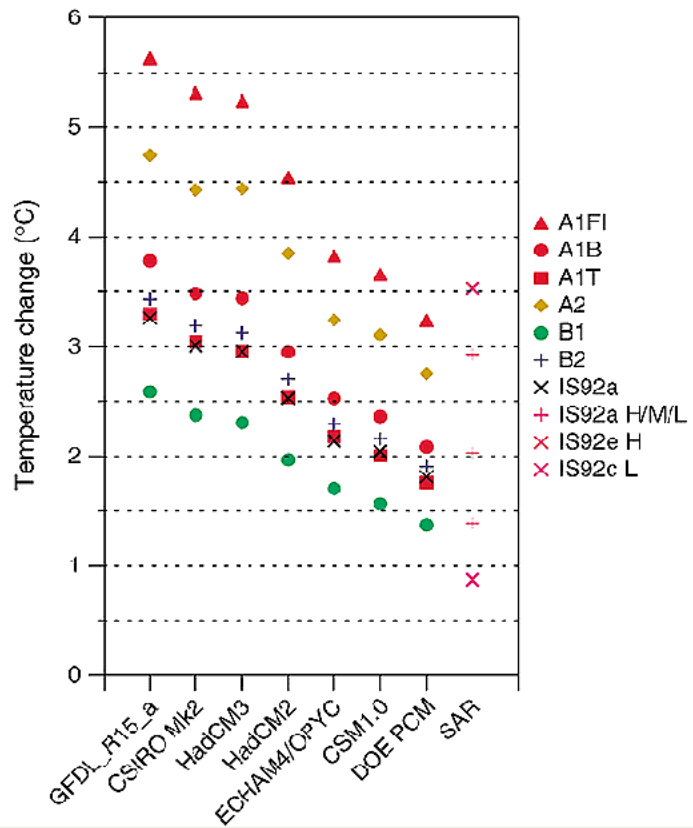
Τα επίπεδα των εκπομπών, χρησιμοποιούνται στην συνέχεια ως είσοδοι σε κλιματικά μοντέλα, τα οποία δίνουν εκτιμήσεις της εξέλιξης των χαρακτηριστικών του κλίματος. Στα Σχήματα 2 και 3, παρουσιάζονται οι θερμοκρασιακές μεταβολές που προκύπτουν από διάφορα κλιματικά μοντέλα.

Σχήμα 2: Θερμοκρασιακές μεταβολές από το 1990 έως το 2030 όπως προκύπτουν από διάφορα κλιματικά μοντέλα για τα σενάρια εκπομπών του IPCC



Πηγή: IPCC

Σχήμα 3: Θερμοκρασιακές μεταβολές από το 1990 έως το 2100 όπως προκύπτουν από διάφορα κλιματικά μοντέλα για τα σενάρια εκπομπών του IPCC



Πηγή: IPCC

2.3 Το κόστος της μη δράσης

Το οικονομικό κόστος της μη δράσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή είναι το πιο δύσκολο να εκτιμηθεί καθώς εμφανίζονται δυσκολίες τόσο στον προσδιορισμό των φυσικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής όσο και στην απόδοση αυτών σε οικονομικούς όρους.

Γενικά, μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής βήματα:

1. Αρχικά πρέπει να γίνει εκτίμηση των παρόντων κλιματικών και κοινωνικό-οικονομικών συνθηκών. Με τα δεδομένα αυτά δημιουργείται η βάση αναφοράς με την οποία θα συγκριθούν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.
2. Γίνεται η δημιουργία ενός πρότυπου σεναρίου εξέλιξης των κοινωνικό-οικονομικών στοιχείων μέχρι μια χρονική περίοδο στο μέλλον (ή για συγκεκριμένη χρονική περίοδο στο μέλλον, π.χ. 2080-2100). Γίνονται παραδοχές για την ανάπτυξη της οικονομίας, της εξέλιξης του πληθυσμού, τις τάσεις της τεχνολογίας και της πολιτικής, ανεξάρτητα της κλιματικής αλλαγής. Για να γίνει περισσότερο λεπτομερής μια ανάλυση, υιοθετούνται περισσότερα του ενός κοινωνικό-οικονομικά σενάρια .
3. Προστίθεται ένα σενάριο για το κλίμα στο μέλλον. Πρέπει να σημειωθεί, ότι το κλίμα που εκτιμάται να έχουμε στο μέλλον, εξαρτάται από το κοινωνικό-οικονομικό σενάριο που έχουμε επιλέξει (υπάρχει ο σύνδεσμος ανάμεσα στο κλίμα και τις εκπομπές αερίων όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 2.2. Υπάρχουν πολλές κλιματικές παράμετροι οι οποίες πρέπει να μοντελοποιηθούν (όπως η μέση θερμοκρασία, η διακύμανση της θερμοκρασίας, η ένταση των βροχοπτώσεων κα) και η ακρίβεια με την οποία μπορεί να γίνει αυτό διαφοροποιείται σημαντικά για κάθε μια από αυτές με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται διαφορετικά κλιματικά μοντέλα για κάθε παράμετρο ή να γίνεται μια συνολική εκτίμηση από τα αποτελέσματα διαφορετικών μοντέλων.
4. Στην συνέχεια πρέπει να ποσοτικοποιηθούν οι φυσικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής που προβλέπει το κλιματικό σενάριο και οι αλλαγές που προβλέπει το κοινωνικό-οικονομικό. Για τις πρώτες, χρησιμοποιούνται συναρτήσεις ή μοντέλα τα οποία για δεδομένες κλιματικές συνθήκες αποδίδουν τις συνέπειες (πχ. μοντέλα για την γεωργία, με δεδομένη θερμοκρασία, βροχόπτωση κα. δίνουν την αναμενόμενη γεωργική παραγωγή), ενώ για τις δεύτερες γίνεται οικονομετρική ανάλυση. Έτσι έχουμε στα χέρια μας ένα σύνολο από ποσοτικοποιημένες συνέπειες, τις οποίες μπορούμε να ταξινομήσουμε ανά είδος, δριμύτητα, τομέα παραγωγής, ανάλογα με την κατεύθυνση της ανάλυσης. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αποφασιστεί και το επίπεδο των μέτρων προσαρμογής που θεωρούμε ότι λαμβάνονται.
5. Γίνεται απόδοση των συνεπειών σε χρηματικούς όρους.

Σχήμα 4: Βήματα που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό του κόστους της μη δράσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή



Είναι ήδη εμφανές ότι μια τέτοια ανάλυση είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και εμπεριέχει σε μεγάλο ποσοστό παραδοχές και αβεβαιότητες, ενώ γίνεται ακόμα περισσότερο σύνθετη όσο περισσότεροι τομείς εισάγονται προς αξιολόγηση. Ακόμη, τα οικονομικά κόστη που προκύπτουν θα τα υποστούν διαφορετικά άτομα, σε διαφορετικούς τομείς, σε διαφορετικά μέρη και σε διαφορετική χρονική περίοδο, επομένως προκύπτουν πολλές δυσκολίες στην διαχείριση και την εκτίμηση του πραγματικού κόστους ανά χρονική περίοδο και ανά τομέα.

Σε αυτές ακριβώς τις παραδοχές και αβεβαιότητες οφείλονται οι διαφορές στα αποτελέσματα για το κόστος της μη δράσης στην βιβλιογραφία. Η προσέγγιση που ακολουθεί κάθε ανάλυση στην επιλογή σεναρίων, την εκτίμηση και ποσοτικοποίηση των συνεπειών, την οικονομική απόδοση τους αλλά και η επιλογή των παραμέτρων εκείνων που θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, την διαφοροποιεί από όλες τις υπόλοιπες.

Ακολουθεί μια επισκόπηση ορισμένων στοιχείων της παραπάνω μεθοδολογίας τα οποία είναι αντικείμενο προβληματισμού και που οι συγγραφείς θεώρησαν σημαντικό να περιγραφούν:

2.3.1 Άμεσες και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις- η χρήση των μοντέλων γενικής ισορροπίας

Οι οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορούν να διακριθούν σε άμεσες και έμμεσες.

- Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν την απευθείας μεταβολή που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στην παραγωγή ή την κατανάλωση, πχ. η ζημία του αγρότη από την καταστροφή της σοδειάς του από ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Οι έμμεσες επιπτώσεις αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές στην παραγωγή ή την κατανάλωση στο σύνολο της οικονομίας, μέσω των μεταβολών στις σχετικές τιμές, το εισόδημα κα. Επομένως, χρειάζεται να αξιολογηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα επηρεάσουν και άλλους τομείς ή περιοχές καθώς και τις ανατροφοδοτήσεις μεταξύ των διαφόρων τομέων παραγωγής.

Οι περισσότερες μελέτες λαμβάνουν υπ' όψιν τους συνήθως μόνο τις άμεσες επιπτώσεις θεωρώντας ότι οι έμμεσες θα είναι αμελητέες.

Το έμμεσο κόστος μπορεί να εκτιμηθεί εάν χρησιμοποιηθεί προσέγγιση μερικής ή γενικής ισορροπίας. Η ανάλυση της κλιματικής αλλαγής έχει στραφεί πολύ πρόσφατα στα μοντέλα γενικής ισορροπίας (συνήθως γινόταν χρήση τους για τον προσδιορισμό του κόστους του μετριασμού). Πρόσφατες μελέτες έχουν εξετάσει για όλο το φάσμα της οικονομίας τις συνέπειες της αλλαγής του κλίματος σε τομείς όπως ο τουρισμός και η υγεία και τα αποτελέσματα αυτών των μελετών υποδηλώνουν ότι οι αλλαγές στο κλίμα μπορεί να έχουν τόσο αρνητικές όσο και θετικές συνέπειες για το κλίμα το ίδιο, αλλά και για την οικονομία, και ότι κατ' ουσία θα οδηγήσουν σε αλλαγές στην κατανομή των κερδών και των ζημιών. Για παράδειγμα:

Η άμεση οικονομική συνέπεια από την μείωση της διαθέσιμης γης λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, είναι η ζημία στο διαθέσιμο κεφάλαιο της οικονομίας. Έμμεσα, στα πλαίσια μιας οικονομίας, η ελάττωση της διαθέσιμης γης θα οδηγήσει σε μεταβολή της τιμής της γης, κάτι το οποίο δεν περιλαμβάνεται στην εκτίμηση του άμεσου κόστους. Επομένως, λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο την άμεση συνέπεια, έχει υποτιμηθεί το πραγματικό οικονομικό κόστος. Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να συμβεί το αντίθετο, να γίνει δηλαδή υπερεκτίμηση του κόστους. Παραδείγματος χάριν, κατά την εκτίμηση του άμεσου κόστους της απώλειας γεωργικών προϊόντων δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η δυνατότητα εισαγωγών, η οποία ελαττώνει βραχυπρόθεσμα τις άμεσες αρνητικές συνέπειες.

2.3.2 Χρονική αποτίμηση του κόστους- τεχνική της μείωσης

Το οικονομικό κόστος της κλιματικής αλλαγής και τα κόστη της προσαρμογής και του μετριασμού, θα προκύψουν το καθένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους στο μέλλον. Τα μέτρα της προσαρμογής και του μετριασμού πρέπει να παρθούν βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα ενώ τα οφέλη από αυτά θα είναι αισθητά στο μακρινό μέλλον.

Προκειμένου να έχουμε την δυνατότητα να συγκρίνουμε άμεσα τα κόστη και τα οφέλη διαφορετικών χρονικών περιόδων, χρησιμοποιείται η τεχνική της μείωσης ("discounting" στην ξένη βιβλιογραφία). Σύμφωνα με αυτήν την τεχνική, όλα τα οικονομικά κόστη εκφράζονται σε ένα κοινό έτος βάσης. Η έννοια της μείωσης βασίζεται στην αρχή ότι οι άνθρωποι προτιμούν να λαμβάνουν αγαθά και υπηρεσίες στο παρόν παρά στο μέλλον και ότι το κόστος ή το όφελος στο μέλλον έχει μικρότερη αξία γιατί αναμένεται το εισόδημα στο μέλλον να είναι μεγαλύτερο (Ramsey 1928).

Για να μετατραπούν τα μελλοντικά κόστη σε «παρούσα αξία», χρησιμοποιείται ένα επιτόκιο προεξόφλησης. Εάν i είναι το επιτόκιο προεξόφλησης και n ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης, ισχύει:

$$\text{κόστος στο παρόν} = \frac{\text{κόστος στο μέλλον}}{(1 + i)^n}$$

Το επιτόκιο προεξόφλησης είναι ενδεικτικό του κατά πόσο μια σύγχρονη γενιά λαμβάνει υπ' όψιν της τις μελλοντικές γενεές. Ένα μηδενικό επιτόκιο προεξόφλησης σημαίνει ότι όλες οι γενεές μέχρι το άπειρο μέλλον αντιμετωπίζονται το ίδιο.

Το θέμα της μείωσης είναι εξαιρετικά σημαντικό στην οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής, λόγω των μεγάλων χρονικών περιόδων τις οποίες αφορά. Παρ' όλα αυτά, η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης αποτελεί πηγή διαμάχης και θερμού διαλόγου και απασχολεί εξίσου ακαδημαϊκούς και πολιτικούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έντονη κριτική που άσκησε ο καθηγητής του πανεπιστημίου Yale, William Nordhaus, για την μελέτη Stern (W. D. Nordhaus 2007) σύμφωνα με τον Nordhaus, τα αποτελέσματα της μελέτης Stern είναι υπερεκτιμημένα καθώς το επιτόκιο που χρησιμοποιήθηκε είναι πολύ χαμηλό (1-2%) με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολύ καταστροφικές συνέπειες στην περίπτωση που δεν ληφθούν άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Τα επιτόκια τα οποία χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό και την εκτίμηση πολιτικών αποφάσεων δεν κρίνονται πάντα κατάλληλα για να εφαρμοστούν στην ανάλυση της κλιματικής αλλαγής. Η κλιματική αλλαγή έχει κάποια χαρακτηριστικά που την κάνουν μοναδική ή τουλάχιστον ασυνήθιστη, όπως οι μεγάλες χρονικές περίοδοι, η συνεκτίμηση του κόστους γεωγραφικών περιοχών παγκοσμίως, η ανάγκη για πολλές γενικεύσεις και παραδοχές καθώς επίσης και η πιθανότητα καταστροφικών συνεπειών για την κοινωνία και την οικονομία.

Τέλος, να σημειώσουμε ότι, το επιτόκιο προεξόφλησης σχετίζεται άμεσα με τον χρονικό ορίζοντα της μελέτης. Καθώς οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής αυξάνονται εκθετικά με τον χρόνο, το να επεκτείνεται ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης σημαίνει ότι συμπεριλαμβάνει επιπτώσεις πολύ μεγαλύτερης κλίμακας και, ακόμα και με εφαρμογή της μείωσης, το κόστος που προκύπτει εμφανίζεται πολύ αυξημένο. Από την άλλη, όσο μεγαλώνει ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης, τόσο μικρότερο προκύπτει το κόστος στο παρόν, προσεγγίζοντας το μηδέν. Θα πρέπει επομένως να θεωρήσουμε άπειρο κόστος στο μέλλον, δηλαδή την απόλυτη καταστροφή, ώστε (εφαρμόζοντας το θεώρημα de l' hospital) να έχουμε πεπερασμένο κόστος στο παρόν.

2.3.3 Φάσμα περιπτώσεων που καλύπτεται

Η κλιματική αλλαγή συντίθεται από ένα πολυάριθμο σύνολο κλιματικών παραμέτρων οι οποίες με την σειρά τους επηρεάζουν πολυάριθμο σύνολο τομέων, οικονομικών και μη. Τίθεται επομένως το πρόβλημα του πόσες ή ποιες από τις περιπτώσεις μπορούν ή πρέπει να καλυφθούν. Φυσικά, βασιζόμενοι σε διαφορετικές κλιματικές παραμέτρους και περιλαμβάνοντας διαφορετικές επιπτώσεις σε επιλεγμένους τομείς, προκύπτουν και διαφορετικές εκτιμήσεις του κόστους της κλιματικής αλλαγής.

Μελέτες σχετικά με το θέμα αυτό (Downing and Watkiss 2003, advanced in Downing et al. 2005, Watkiss et al. 2006) έχουν συγκεντρώσει το φάσμα των περιπτώσεων οι οποίες καλύπτονται, ανάλογα με την αβεβαιότητα και το ρίσκο των σφαλμάτων που εμπεριέχουν. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών συγκεντρώνονται σε έναν πίνακα, βασισμένο:

- 1) Στην αβεβαιότητα με την οποία μπορούν να προβλεφθούν οι κλιματικές παράμετροι:

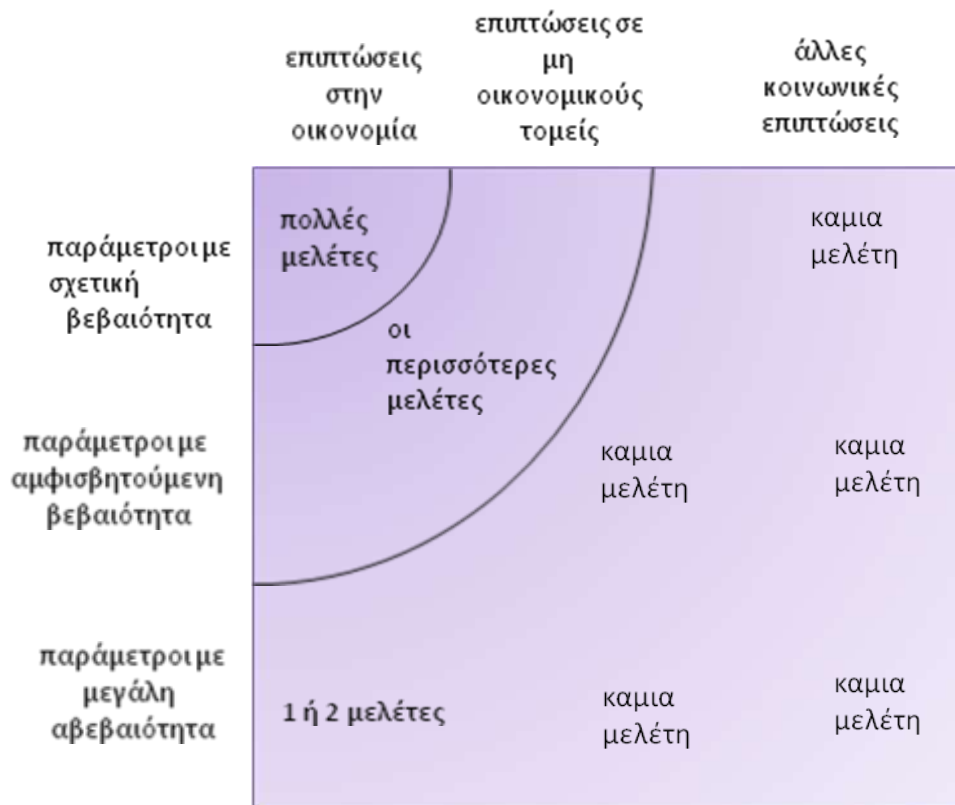
- παράμετροι οι οποίες μπορούν να προβλεφθούν με σχετική βεβαιότητα και ακρίβεια, όπως η μέση θερμοκρασία
- παράμετροι των οποίων η πρόβλεψη δεν μπορεί να γίνει με βεβαιότητα, όπως τα επίπεδα της βροχής (στις περιπτώσεις αυτές τα αποτελέσματα διαφορετικών κλιματικών μοντέλων εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις)
- απρόβλεπτες παράμετροι της κλιματικής αλλαγής

2) στην αβεβαιότητα με την οποία μπορούν να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις στους διάφορους τομείς:

- επιπτώσεις στην οικονομία (πχ. στον αγροτικό ή ενεργειακό τομέα κα.)
- επιπτώσεις σε μη οικονομικούς τομείς (πχ. στην υγεία, στα οικοσυστήματα κα.)
- επιπτώσεις που σχετίζονται με τις ανθρώπινες σχέσεις και τις δυναμικές τους (πχ. σε θέματα ισότητας, ρατσισμού, φτώχειας, λοιμών κα.)

Ο πίνακας που προκύπτει είναι ο ακόλουθος:

Σχήμα 5: Κάλυψη περιπτώσεων και παραμέτρων από τις υπάρχουσες ολοκληρωμένες μελέτες για τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής



Πηγή: Watkiss, Dowing et al., 2005

Είναι λοιπόν εμφανές ότι οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην ανάλυση των επιπτώσεων στην αγορά από τα περισσότερα προβλεπόμενα κλιματολογικά φαινόμενα. Μέχρι το πρόσφατο παρελθόν, λίγοι μόνο μελετητές έχουν δώσει έμφαση στα μη συνεχή, αμετάκλητα και ακραία φαινόμενα που μπορεί να συνδέονται με την κλιματική αλλαγή (Nordhaus και Boyer/ Hope).

Όλες οι μελέτες για την εκτίμηση του κόστους της μη δράσης είναι ελλιπείς, αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε σε ποιο βαθμό, καθώς τόσο οι συνέπειες όσο και η πιθανότητα να συμβούν οι περιπτώσεις του πίνακα που μένουν κενές είναι άγνωστες. Αυτές οι «κενές κατηγορίες» μπορεί να έχουν θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις οι οποίες ενδεχομένως να είναι πολύ μεγάλες και να αλλάζουν δραματικά την συνολική εικόνα της μη δράσης. Για τον λόγο αυτό, ο προσανατολισμός της περαιτέρω ερευνητικής δραστηριότητας πρέπει να είναι ως προς την κάλυψη ακριβώς αυτών των αβέβαιων πεδίων. Πλέον, οι ανησυχίες για την καταστροφή που υπαινίσσεται η κλιματική αλλαγή στην κοινωνία και την οικονομία γίνονται όλο και εντονότερες.

2.3.4 Προσαρμογή στις νέες κλιματικές συνθήκες

Κατά την εκτίμηση του κόστους της μη δράσης, θα ήταν μη ρεαλιστικό το να μην ληφθούν υπ' όψιν κάποια μέτρα προσαρμογής. Είναι όμως πολύ δύσκολο να οριστούν τα μέτρα τα οποία θα ληφθούν υπ' όψιν και σε ποιο βαθμό, όπως και το να ξεχωρίσουμε με σαφήνεια τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής από τα μέτρα για την αντιμετώπισή της. Η προσαρμογή που θεωρεί η κάθε μελέτη λοιπόν, είναι μια πολύ σημαντική παραδοχή κάθε μελέτης και μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα.

Οι περισσότερες μελέτες θεωρούν ότι οι πολίτες θα λάβουν μόνοι τους κάποια αυτόνομα μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, χωρίς να υπάρχει δεδομένη πολιτική από τις κυβερνήσεις. Τα μέτρα που λαμβάνονται από τις κυβερνήσεις σε επίπεδο πολιτικής προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι το αντικείμενο ανάλυσης των μελετών που ασχολούνται με την «προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή» (adaptation).

Από την άλλη, οι κυβερνήσεις ήδη προχωρούν ή πρόκειται να προχωρήσουν σε μέτρα προσαρμογής πριν τα φαινόμενα φτάσουν σε κρίσιμο σημείο, επομένως τίθεται πάλι θέμα του πόσο ρεαλιστική είναι μια προσέγγιση που δεν τις λαμβάνει υπ' όψιν. Όλα τα παραπάνω καθώς και το μεγάλο εύρος των μέτρων προσαρμογής έχουν σαν αποτέλεσμα όλες οι μελέτες να τείνουν να υπερτιμήσουν ή υποτιμήσουν το τελικό κόστος.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται πρόσφατες μελέτες και οι μέθοδοι που ακολούθησαν σε σχέση με τα θέματα που τέθηκαν παραπάνω :

Πίνακας 2.3-1: Πρόσφατες μελέτες για την κλιματική αλλαγή και χαρακτηριστικά της μεθοδολογίας που ακολούθησαν

Επιλεγμένες μελέτες μετά το 2000	Σενάριο	Προσέγγιση της εκτίμησης		Χρονική συσσώρευση		Αβεβαιότητα και ρίσκο		Πληρότητα	
	Δυναμικό σενάριο	Άμεσες συνέπειες	Έμμεσες συνέπειες	Σταθερό επιτόκιο προεξόφλησης	Μειούμενο επιτόκιο προεξόφλησης	Ανάλυση ευαισθησίας	Στατιστική αβεβαιότητα	Πηγή των επιπτώσεων	Τομείς που εξετάζονται
Bosello <i>et al.</i> , 2004a,b		X	X			X		Αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Ακραία φαινόμενα. Αύξηση της θερμοκρασίας.	Τουρισμός Υγεία
Bosello, 2005	X	X	X			X		Αύξηση της θερμοκρασίας. Αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Αλλαγές στα επίπεδα της βροχής.	
Darwin and Tol, 2001		X	X	X		X		Αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Ακραία φαινόμενα. Αύξηση της θερμοκρασίας.	Απώλεια γης και κεφαλαίου
Li <i>et al.</i> , 2004						X			
Newell and Pizer, 2004				X	X	X	X	Σενάρια εκπομπών CO2.	
Nordhaus and Boyer, 2000	X	X	X		X	X		Αύξηση της θερμοκρασίας. Αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Αλλαγές στα επίπεδα της βροχής.	
Rive <i>et al.</i> , 2005		X	X					Αλλαγή στην θερμοκρασία και τα επίπεδα της βροχής.	Δασοκομία
Stern <i>et al.</i> , 2007	X	X		X					
Tol, 2005				X	X		X		
Tol and Dowlatabadi, 2001	X	X	X			X		Αύξηση της θερμοκρασίας. Αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Αλλαγές στα επίπεδα της βροχής.	Υγεία

Πηγή: Kuik *et al.*, 2006

2.4 Το κόστος του μετριασμού

Από τα παραπάνω σενάρια, το κόστος του μετριασμού είναι το πιο εύκολο και σαφές στον προσδιορισμό του. Αφορά δαπάνες οι οποίες πρέπει να γίνουν στα πλαίσια της οικονομίας του παρόντος ή του άμεσου μέλλοντος με συνέπεια να μην περιλαμβάνει τις ανακρίβειες που εισάγονται από μια ανάλυση του κόστους στο μέλλον.

Οι κλιματικές μελέτες δείχνουν ότι ο περιορισμός της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης στους 2°C, όπως συμφωνήθηκε στην Κοπεγχάγη, είναι δυνατός αν η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου (GHG) στην ατμόσφαιρα σταθεροποιηθεί στα 450ppm. Αυτό σημαίνει ότι οι σωρευτικές εκπομπές μεταξύ 2005-2050 σε παγκόσμιο επίπεδο δεν θα πρέπει να υπερβούν το 1 τρισεκατομμύριο τόνους ισοδύναμου CO₂.

Οι περισσότερες μελέτες για τον μετριασμό επικεντρώνονται στις αλλαγές που πρέπει να συντελεστούν στον τομέα της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, καθώς είναι υπεύθυνος για το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου, ενώ η μείωση των εκπομπών άλλων δραστηριοτήτων όπως της γεωργίας και της κτηνοτροφίας είναι πολύ λιγότερο εφικτός στόχος. Ειδικότερα, εστιάζουν σε αλλαγές του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας · η μεγάλη διαθεσιμότητα εναλλακτικών, καθαρών τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού δίνουν στον τομέα μεγάλη ευελιξία, σε αντίθεση με τον τομέα των μεταφορών, ο οποίος μέχρι σήμερα είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου εξαρτώμενος από το πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Μεγάλη έμφαση δίνεται και στην αύξηση της απόδοσης στην κατανάλωση της ενέργειας σε όλους τους τομείς. Η μείωση των εκπομπών από την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, προϋποθέτει να σπάσει ο σύνδεσμος μεταξύ οικονομικής δραστηριότητας και κατανάλωσης ενέργειας, όπως και αυτός μεταξύ ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Από τις πιο σημαντικές παραμέτρους των αποτελεσμάτων των μελετών του μετριασμού είναι η ανάγκη για συντονισμένη προσπάθεια σε παγκόσμιο επίπεδο · όποια δράση και να λάβουν οι αναπτυσσόμενες χώρες για μείωση των εκπομπών τους, τελικά οι μελλοντικές εκπομπές των αναπτυσσόμενων χωρών είναι αυτές που θα ορίσουν την εξέλιξη των μελλοντικών εκπομπών. Συγκεκριμένα, αποτελέσματα του παγκόσμιου ενεργειακού μοντέλου Prometheus του E3Mlab δείχνουν ότι για μείωση των εκπομπών κατά 80% από τις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) ενώ οι χώρες εκτός ΟΟΣΑ δεν λαμβάνουν μέτρα για την μείωση των εκπομπών αλλά επωφελούνται από τις νέες, περιβαλλοντικά φιλικές τεχνολογίες, οι σωρευτικές εκπομπές μειώνονται κατά μόνο 5% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (σενάριο όπου δεν λαμβάνονται μέτρα για την μείωση των εκπομπών, «Business as usual») την περίοδο 2005 με 2050, ποσοστό όχι ικανό να μετριάσει την κλιματική αλλαγή.

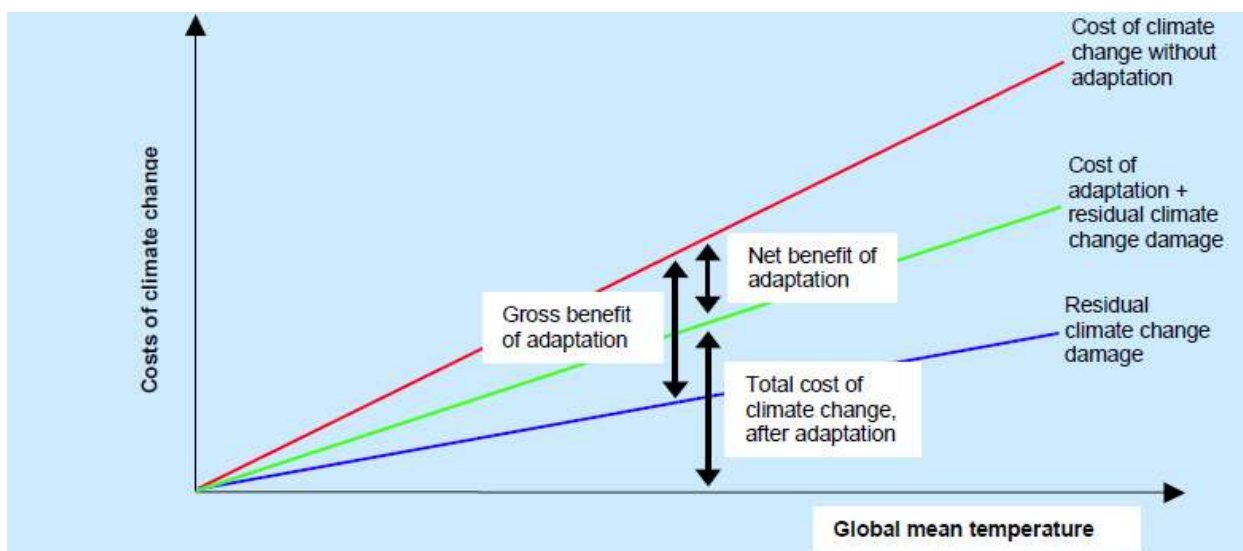
2.5 Το κόστος της προσαρμογής

Η αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος πρέπει να γίνει σε δύο επίπεδα. Πρώτον, πρέπει να περιορίσουμε τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, δηλαδή να ληφθούν μέτρα μετριασμού και, δεύτερον, πρέπει να λάβουμε μέτρα προσαρμογής για να αντιμετωπίσουμε τις αναπόφευκτες επιπτώσεις. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) συμφώνησε προσφάτως να θεσπιστούν νομοθετικές πράξεις σχετικές με την αλλαγή του κλίματος, στις οποίες καθορίζονται τα συγκεκριμένα μέτρα που είναι αναγκαία για την υλοποίηση της δέσμευσης της ΕΕ όσον αφορά την κατά 20% μείωση των εκπομπών κάτω από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2020.

Ωστόσο, ακόμη και εάν επιτύχουμε τη συγκράτηση και, στη συνέχεια, τον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο, θα χρειαστεί χρόνος για να ανανήψει ο πλανήτης μας από τις επιπτώσεις των αερίων θερμοκηπίου που βρίσκονται ήδη στην ατμόσφαιρα. Αυτό σημαίνει ότι οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος θα είναι αισθητές για 50 τουλάχιστον χρόνια. Επομένως, είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα προσαρμογής. Μέσω της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή θα μπορέσουμε να αντιμετωπίσουμε τις αναπόφευκτες συνέπειες της, στις οποίες ο κόσμος μας έχει ήδη δεσμευτεί.

Ως καθαρό όφελος της προσαρμογής ορίζεται η διαφορά του κόστους πριν και μετά την προσαρμογή. Το κόστος της κλιματικής αλλαγής μετά την προσαρμογή έχει δυο συνιστώσες. Το εναπομένον κόστος, το κόστος δηλαδή που δεν αποφεύγεται ακόμη και μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής, και το κόστος της ανάπτυξης των μέτρων προσαρμογής.

Σχήμα 6: Το όφελος της προσαρμογής



Πηγή: Stern 2007

Χάριν απλότητας στο παραπάνω σχήμα η σχέση μεταξύ ανόδου της θερμοκρασίας και των διαφόρων κοστών είναι γραμμική. Στη πραγματικότητα, όπως αναφέρει και η μελέτη Stern, κάτι τέτοιο δεν ισχύει και μάλιστα η μη γραμμικότητα είναι αυτή που καθιστά πολύπλοκη την μελέτη του κόστους της κλιματικής αλλαγής. Πίσω από το μη γραμμικό κομμάτι των επιπτώσεων κρύβεται η έννοια της

καταστροφής, ενώ μεγαλύτερη άνοδος της μέσης θερμοκρασίας θα σημάνει μη γραμμική αύξηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής και μείωση του καθαρού οφέλους της προσαρμογής.

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα στην ουσία του ενώ μόνη της δεν μπορεί να αποτελέσει ολοκληρωμένη λύση. Απλά, η χρήση μέτρων προσαρμογής επιτυγχάνει να σιγάσει και να μετριάσει τις συνέπειες της αλλαγής στο κλίμα. Χωρίς έγκαιρη και στοχευόμενη στρατηγική μετριασμού του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής με δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το κόστος ανάπτυξης μεθόδων προσαρμογής αυξάνει ενώ παράλληλα μειώνεται η αποδοτικότητά τους.

2.6 Υπάρχουσες μελέτες: Τί περιλαμβάνουν και σε τί αποτελέσματα καταλήγουν

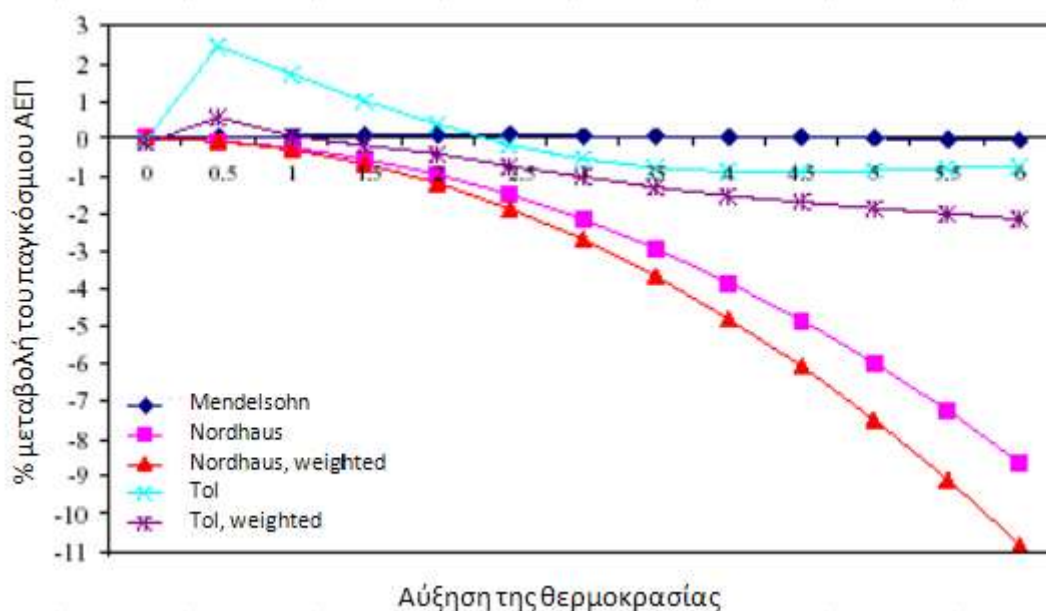
Κατά την «Δεύτερη έκθεση αξιολόγησης» του IPCC, το 1996, παρουσιάστηκε ο πρώτος κύκλος ολοκληρωμένων μελετών πάνω στις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Οι μελέτες αυτές, εκτίμησαν τις επιπτώσεις διπλασιασμού του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, κάτι που πιστεύεται πως θα οδηγήσει σε αντίστοιχη αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2,5°C. Οι εκτιμήσεις του κόστους για μια τέτοια κλιματική μεταβολή, έφτασαν το 1,5 με 2% του παγκόσμιου ΑΕΠ, 1 με 1,5% του ΑΕΠ στις ανεπτυγμένες χώρες και 2 με 9% του ΑΕΠ στις αναπτυσσόμενες.

Ακριβώς επειδή οι πρώιμες μελέτες αυτές χρησιμοποίησαν μόνο το στιγμιότυπο των 2,5°C, δεν αποτυπώνουν το ρίσκο που προκύπτει για μεγαλύτερες θερμοκρασιακές μεταβολές. Έκτοτε, ένας μικρός αριθμός μοντέλων έχει ασχοληθεί με την ανίχνευση των επιπτώσεων περαιτέρω αύξησης της θερμοκρασίας στο κόστος (αν και η διαμόρφωση των παραμέτρων τους βασίζεται πολύ στα αποτελέσματα για τις επιπτώσεις από τον διπλασιασμό του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα). Έχουν επίσης δώσει μεγαλύτερη σημασία στην μελέτη της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και στο να διευρύνουν τους τομείς των επιπτώσεων. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τεσσάρων σημαντικών μοντέλων:

- **Το μοντέλο του Mendelsohn** (Mendelsohn, et al. 1998): Στο μοντέλο του Mendelsohn, μελετήθηκαν οι συνέπειες στους τομείς της γεωργίας, της δασοκομίας, της ενέργειας, του νερού και των παράκτιων ζωνών. Η επίπτωση της κλιματικής αλλαγής παγκοσμίως, βρέθηκε πολύ μικρή, σχεδόν μηδενική-εμφανίζεται αρνητική επίπτωση στο παγκόσμιο ΑΕΠ για αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 4°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή.
- **Το μοντέλο του Tol** (Tol 2002): Μελετήθηκαν οι συνέπειες σε ένα ευρύτερο φάσμα των τομέων, οικονομικών και μη (οι τομείς που αναφέρθηκαν στο μοντέλο του Mendelsohn καθώς και οι συνέπειες στα οικοσυστήματα και την θνησιμότητα από μεταδοτικές ασθένειες και ακραίες θερμοκρασίες). Η μελέτη εκτίμησε ότι σε πρώτο στάδιο, η αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει οφέλη για την παγκόσμια κοινότητα. Τα οφέλη αυτά, εκτιμώνται σε 2,5% του παγκόσμιου ΑΕΠ για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,5°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Για αυξήσεις ανώτερες των 1-2°C, οι επιπτώσεις στο ΑΕΠ γίνονται αρνητικές και κυμαίνονται από 0,5-2%.

- **Το μοντέλο του Nordhaus** (Nordhaus and Boyer 2000): Στην μελέτη του Nordhaus συμπεριλαμβάνονται οι τομείς της γεωργίας, της δασοκομίας, της ενέργειας, του νερού, των κατασκευών, της ιχθυοτροφίας, των παράκτιων ζωνών, της ψυχαγωγίας, της θνησιμότητας από ασθένειες και την μόλυνση, και των οικοσυστημάτων. Περιλαμβάνει επίσης, τις πρωτοπόρες για την εποχή που έγινε η μελέτη εκτιμήσεις του οικονομικού κόστους των καταστροφικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Για θέρμανση του πλανήτη κατά 6°C, οι εκτιμήσεις του κόστους φτάνουν το 9-11% του παγκόσμιου ΑΕΠ (εξαρτάται από το αν οι επιπτώσεις σε τοπικό επίπεδο ισοσταθμίστηκαν ανάλογα με την παραγωγή ή με τον πληθυσμό- το πρώτο προκύπτει χαμηλότερο). Η μελέτη του Nordhaus, εκτιμά επίσης ότι το κόστος θα αυξηθεί με γρηγορότερο ρυθμό από την ίδια την μέση θερμοκρασία, με αποτέλεσμα, η συνολική ζημία στο παγκόσμιο ΑΕΠ να είναι διπλάσια για αύξηση 6°C σε σχέση με αύξηση 4°C. Το αποτέλεσμα αυτό, αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι μεγαλύτερες θερμοκρασίες αυξάνουν την πιθανότητα να προκληθούν απότομες και απρόβλεπτες κλιματικές μεταβολές.

Σχήμα 7: Συσχέτιση μεταβολής του παγκόσμιου ΑΕΠ και της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή για τρεις ολοκληρωμένες μελέτες των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής



Πηγή: Smith et al., 2001

Το παραπάνω σχήμα συγκεντρώνει τα αποτελέσματα των μελετών που αναφέρθηκαν. Να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα των κλιματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται, είναι σε τοπικό επίπεδο. Η ένδειξη «weighted» είναι ενδεικτική του ότι έχει γίνει ισοστάθμιση των τοπικών αποτελεσμάτων για να προκύψει η μεταβολή του ΑΕΠ σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην μελέτη του Nordhaus η ισοστάθμιση έγινε με βάση τον πληθυσμό, ενώ στην μελέτη του Tol, με βάση το κατά κεφαλήν εισόδημα.

- **Η μελέτη Stern** (Stern, 2007): Η μελέτη Stern είναι η πιο πρόσφατη ολοκληρωμένη μελέτη πάνω στις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα επιπτώσεων περιλαμβάνοντας τις συνέπειες σε οικονομικούς τομείς, σε μη οικονομικούς τομείς (υγεία, οικοσυστήματα κλπ) αλλά και τις συνέπειες από καταστροφικές μεταβολές του κλίματος. Ο χρονικός

ορίζοντας της μελέτης είναι το 2200. Τα αποτελέσματα που εξάγει, είναι τα περισσότερο δυσοίωνα συγκριτικά με τις υπάρχουσες εκτιμήσεις. Συγκεκριμένα, η μελέτη προβλέπει ζημίες της τάξης του 5% της παγκόσμιας κατά κεφαλήν κατανάλωσης ετησίως, από σήμερα, εάν ληφθούν υπ' όψιν μόνο οι επιπτώσεις σε οικονομικούς τομείς. Το ποσοστό αυτό εκτοξεύεται στο 14,4% αν συμπεριληφθούν οι επιπτώσεις στους μη οικονομικούς τομείς και το ρίσκο των καταστροφών. Αντίθετα, το κόστος της δράσης για μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με την μελέτη, περιορίζεται στο 1% του ΑΕΠ ετησίως.

2.7 Η κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Μεσογείου

Ποιές αλλαγές αναμένουμε στο κλίμα της Μεσογείου και κατ' επέκταση και στην Ελλάδα, σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή

Το παρόν κεφάλαιο αποτυπώνει τις αλλαγές που αναμένονται για το κλίμα της Μεσογείου και κατ' επέκταση και της Ελλάδας, σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο, σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται είναι κατά κύριο λόγο αποτελέσματα της μελέτης Giannakopoulos, και συν. (2009).

Η αύξηση κατά 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, θεωρείται μια κρίσιμη θερμοκρασιακή μεταβολή, καθώς υιοθετήθηκε από την διάσκεψη της Κοπεγχάγης ως η αύξηση-περιορισμός της μέσης θερμοκρασίας. Να σημειωθεί ότι η αύξηση αυτή είναι πλέον αναπόφευκτη καθώς μια απλή προέκταση των σημερινών τάσεων καταδεικνύει μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 6°C. Για αύξηση περαιτέρω των 2°C, οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής γίνονται εξαιρετικά επικίνδυνες.

Στα πλαίσια της αύξησης κατά 2 °C, αναμένεται ένας πρόσθετος μήνας καλοκαιρινών ημερών (μέση μέγιστη θερμοκρασία ανώτερη των 25°C), μεταξύ των οποίων δυο έως τέσσερις εβδομάδες με νύχτες που χαρακτηρίζονται «τροπικές» (μέση ελάχιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 20°C). Η περίοδος καύσωνα (μέση μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 35°C) αναμένεται να αυξηθεί επίσης κατά ένα μήνα. Η περίοδος ξηρασίας (συνολική ημερήσια βροχή μικρότερη των 0,5 χιλιοστών) θα επιμηκυνθεί κατά περίπου μία έως τρεις εβδομάδες και θα μετατοπιστεί από το καλοκαίρι προς το φθινόπωρο.

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα γίνει περισσότερο αισθητή τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου θα φτάσει τους 4°C ($\pm 0,75^\circ\text{C}$, αβεβαιότητα της τάξης του 18%). Το φθινόπωρο θα εμφανίσει την δεύτερη μεγαλύτερη αύξηση φθάνοντας τους 2°C ($\pm 0,35^\circ\text{C}$). Ο χειμώνας, αναμένεται θερμότερος κατά 1 έως 2 °C ($\pm 0,25-0,5^\circ\text{C}$), το ίδιο και η άνοιξη. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές προβλέπονται εντονότερες στην ενδοχώρα από τις παράκτιες περιοχές, με διαφορά κοντά στον 1° C.

Στην νοτιοανατολική περιοχή της Μεσογείου, η συχνότητα των βροχοπτώσεων θα μειωθεί και η μείωση αυτή θα διανέμεται σε όλη την διάρκεια του έτους. Ωστόσο, αναμένεται ότι θα αυξηθεί η έντασή τους, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα τοπικών πλημμύρων. Μέχρι την περίοδο 2030-2061, η μελέτη του Γιαννακόπουλου προβλέπει αύξηση των ξηρών ημερών 10-20%.

Οι επιπτώσεις από τις κλιματικές μεταβολές θα πλήξουν τα φυσικά οικοσυστήματα της Μεσογείου και θα έχουν επιπτώσεις πρωτεύουσας σημασίας για τις δραστηριότητες της γεωργίας, της ενέργειας και του τουρισμού. Όσον αφορά την γεωργία, οι καλλιέργειες του καλοκαιριού θα εμφανίσουν σημαντική μείωση λόγω της εκτεταμένης περιόδου ξηρασίας, ενώ του φθινοπώρου και του χειμώνα, αναμένεται να ωφεληθούν από το θερμότερο κλίμα. Η περίοδος καύσωνα θα είναι περίοδος υψηλής επικινδυνότητας για δασικές πυρκαγιές, κάτι που ήδη πλήττει τις περιοχές της νότιας Μεσογείου. Τα επίπεδα της ζήτησης ενέργειας για θέρμανση προβλέπεται να μειωθούν κατά την χειμερινή περίοδο, αλλά θα αυξηθούν σημαντικά οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια (λόγω λειτουργίας των κλιματιστικών) κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τέλος, ο καλοκαιρινός τουρισμός της νότιας Μεσογείου πλήττεται σημαντικά από τον συνδυασμό της μεγάλης αύξησης της θερμοκρασίας στην περιοχή και των βελτιωμένων κλιματικών συνθηκών που εμφανίζει η κεντρική και βόρεια Ευρώπη · προβλέπεται ωστόσο να μετατοπιστεί η τουριστική περίοδος προς την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Κεφάλαιο 3: Το οικονομικό μοντέλο GEM-E3 και διαμόρφωση της βάσης δεδομένων του

3.1 Το μοντέλο GEM-E3

Το GEM-E3 (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions) είναι ένα μοντέλο γενικής ισορροπίας, προορισμένο για την αξιολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων από την εφαρμογή πολιτικών. Το μοντέλο προσομοιώνει μια οικονομία της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι:

- Περιλαμβάνει πολλούς τομείς, καθένας από τους οποίους παράγει ένα ομοιογενές προϊόν
- Σε κάθε τομέα λειτουργεί μια αντιπροσωπευτική εταιρεία, η οποία
 - Ελαχιστοποιεί το κόστος παραγωγής της υπό σταθερή τεχνολογία
 - Ζητά την βέλτιστη ποσότητα συντελεστών παραγωγής
- Υπάρχει ένα αντιπροσωπευτικό νοικοκυριό, το οποίο
 - Μεγιστοποιεί την χρησιμότητά του
 - Αποφασίζει την προσφορά εργασίας
- Η κυβέρνηση είναι καταναλωτής, κάνει επενδύσεις και επιβάλλει την φορολογία
- Είναι ανοικτή στον εξωτερικό ανταγωνισμό
- Η αγορά εργασία μπορεί είτε να είναι τέλεια (δεν υπάρχει ανεργία) είτε να συμπεριλαμβάνει μη επιθυμητή ανεργία (η οποία καθορίζεται από μια καμπύλη «απόδοσης μισθοδοσίας»)
- Τα δεδομένα για την ελληνική οικονομία προκύπτουν από την EUROSTAT
- Η τεχνολογική πρόοδος αντιπροσωπεύεται στην συνάρτηση παραγωγής, είτε εξωγενώς, είτε ενδογενώς

Για την χρησιμοποίηση του μοντέλου αναπτύσσονται ένα σενάριο αναφοράς κι ένα σενάριο που περιλαμβάνει την πολιτική προς αξιολόγηση. Το σενάριο αναφοράς προκύπτει από ένα οικονομετρικό μοντέλο που πραγματοποιεί προβλέψεις για την πορεία της οικονομίας χρησιμοποιώντας στοιχεία για την αύξηση του πληθυσμού, την εγκατάσταση επενδύσεων και την τεχνική πρόοδο. Η αξιολόγηση πολιτικής γίνεται από την ετήσια σύγκριση των δύο σεναρίων.

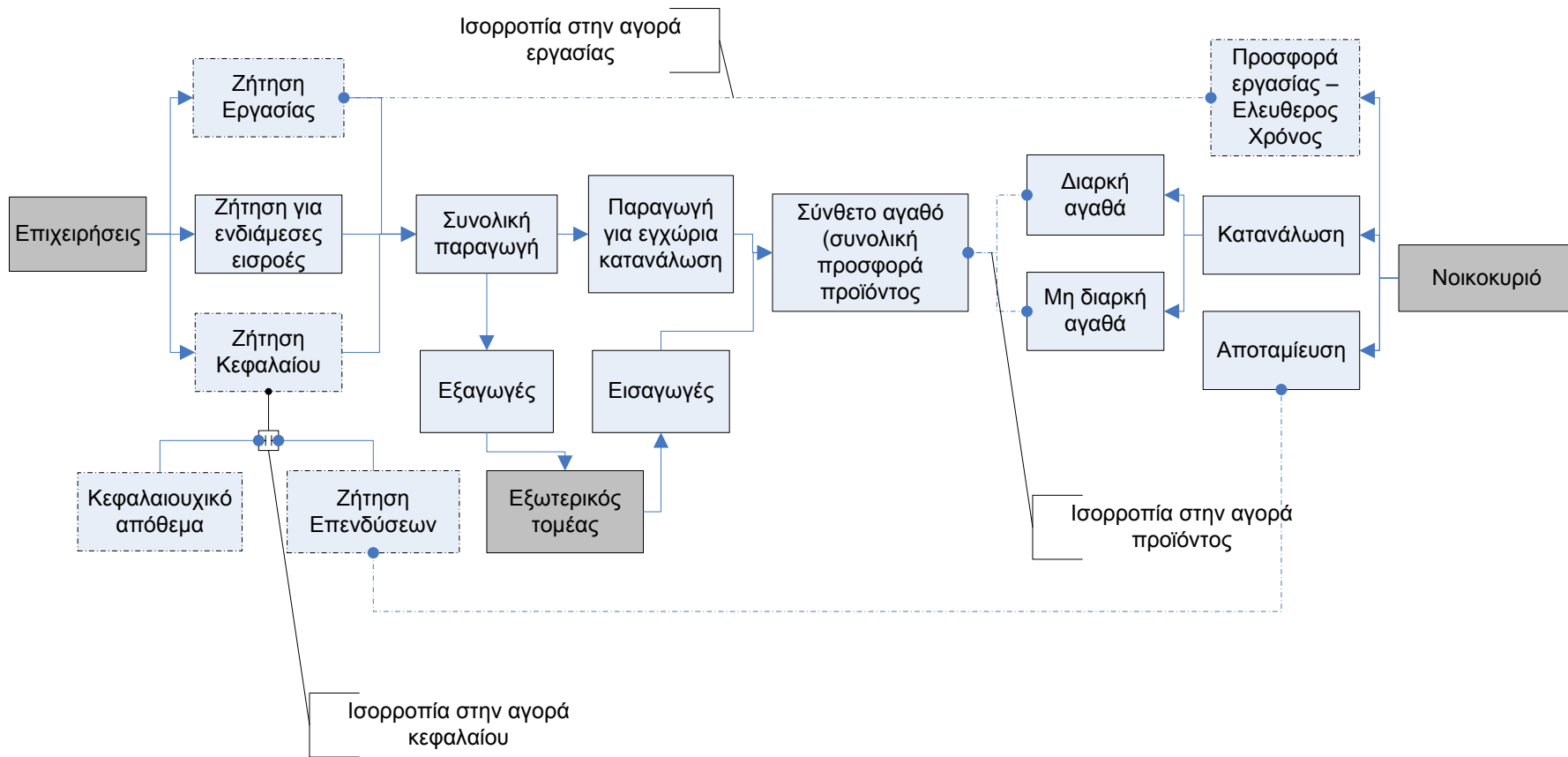
3.2 Διαμόρφωση της βάσης δεδομένων του GEM-E3

Για την κατασκευή της βάσης δεδομένων του υποδείγματος GEM-E3, ώστε να χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τα ακόλουθα στατιστικά στοιχεία ήταν απαραίτητα:

1. Πίνακας εισροών-εκροών
2. Συναλλαγές μεταξύ θεσμικών μονάδων

3. Πίνακας κατανάλωσης
4. Φόροι
5. Επιτόκιο και πληθωρισμός
6. Εργατικό δυναμικό, απασχόληση και ανεργία ανά κλάδο
7. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροών της οικονομίας στο μοντέλο GEM-E3

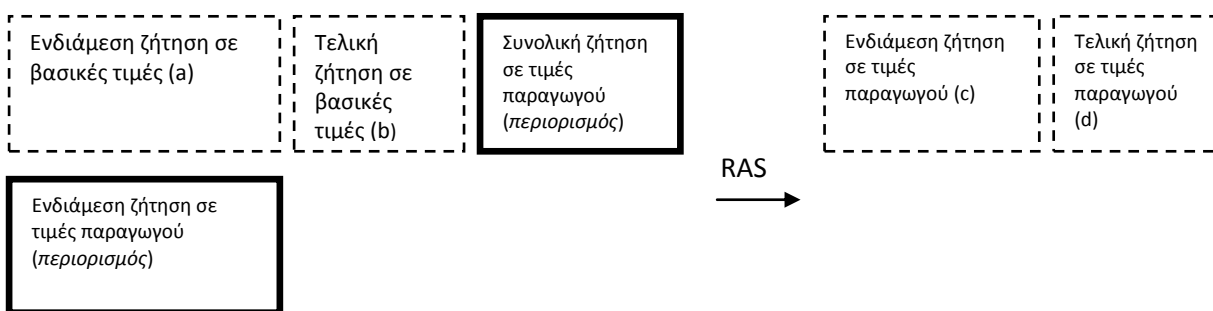


3.2.1 Πίνακας Εισροών-Εκροών

Ο Πίνακας 3.2-1 παρουσιάζει την λεπτομερή ανάλυση του πίνακα κοινωνικής λογιστικής όπως αυτός έχει διαμορφωθεί για τις ανάγκες του υποδείγματος GEM-E3 (ο πίνακα κοινωνικής λογιστικής του υποδείγματος είναι εκφρασμένος σε τιμές παραγωγού). Τα διαθέσιμα στοιχεία από την EUROSTAT για το έτος 2005 ήταν τα εξής: i) πίνακες προσφοράς σε βασικές τιμές με μετασχηματισμό σε τιμές παραγωγού, ii) πίνακες χρήσης σε τιμές αγοραστή⁴ και iii) συμμετρικός πίνακας εισροών-εκροών εκφρασμένος σε βασικές τιμές.

Προκειμένου να μετασχηματιστεί ο πίνακας εισροών εκροών από βασικές τιμές σε τιμές παραγωγού έπρεπε να υπολογιστούν οι καθαροί φόροι που πληρώνει κάθε κλάδος για να αγοράσει μία μονάδα ενδιάμεσης εισροής. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήθηκε η τεχνική RAS (Iterative proportional fitting).

Σχήμα 8: Υπολογισμός του πίνακα καθαρών φόρων επί του προϊόντος



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

⁴ τιμή παραγωγού + φόροι και επιδοτήσεις επί του προϊόντος + ΦΠΑ + κόστος μεταφοράς.

Πίνακας 3.2-1: Πίνακας κοινωνικής λογιστικής υποδείγματος GEM-E3

	01.....60	Σύνολο ενδιάμεσης ζήτησης	Εργασία	Κεφάλαιο	Σύνολο	Ιδιωτική Κατανάλωση (περ. NPISHs)	Δημόσια Κατανάλωση	Επιχειρήσεις	Επενδύσεις	Μεταβολή απόθεμάτων	Εξαγωγές	Συνολική τελική ζήτηση	Σύνολο Ζήτησης
01 60		[8]				[9]	[10]		[11]	[12]	[13]	[14]=[9]+[10]+[11]+[12]+[13]	[15]=[14]+[8]
Σύνολο ενδιάμεσων εισροών	[1]												
Λειτουργικό πλεόνασμα											FFASE		
Αποζημίωση εργασίας											FFASE		
Ενοίκιο γής και φυσικών πόρων													
Εισφορές κοινωνικής ασφάλισης													
Σύνολο προστιθέμενης αξίας	[2]												
Σύνολο προσφοράς σε βασικές τιμές	[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 το λειτουργικό πλεόνασμα		FSESE	FSESE	FSESE			FSESE		
Φ.Π.Α Επιδοτήσεις								FSESE					
Άμεσοι φόροι								FSESE			FSESE		
Ασφαλιστικές εισφορές											FSESE		
Έμμεσοι φόροι													
Δασμοί													
Περιβαλλοντικοί και λοιποί φόροι													
Κράτος- Επιχειρήσεις				FSEFA		FSESE		FSESE			FSESE		
Κράτος - Εξωτερικός Τομέας											FSESE		
Σύνολο φορολογίας	[4]												
Σύνολο προσφοράς σε τιμές παραγωγού	[5]=[4]+[3]												
Εισαγωγές	[6] PWX*IMP		FSEFA	FSEFA		FSESE	FSESE	FSESE					
Απαιτέμευση						SAVE	SAVE	SAVE			SAVE		
Σύνολο Προσφοράς	[7]=[5]+[6]												

Συνθήκες Ισορροπίας
Προσφορά = Ζήτηση
Μηδενικού κέρδους

$$[7] = [15]$$

$$[3] - [1] - [2] = 0$$

FSEFA: Συναλλαγές μεταξύ των θεσμικών μονάδων και των πρωτογενών συντελεστών παραγωγής
FSESE: Συναλλαγές μεταξύ θεσμικών μονάδων

3.2.2 Συναλλαγές μεταξύ θεσμικών μονάδων

Οι θεσμικές μονάδες όπως καταγράφονται από την EUROSTAT αναφέρονται στον Πίνακα 3.2-2. Προκειμένου να υπολογιστούν οι μεταβιβαστικές πληρωμές μεταξύ των θεσμικών μονάδων δύο τύποι πινάκων χρησιμοποιήθηκαν: i) οι πίνακες της πλήρους σειράς λογαριασμών κάθε θεσμικού τομέα και ii) αναπαράσταση των πιο σημαντικών συναλλαγών του συστήματος σε μορφή πίνακα.

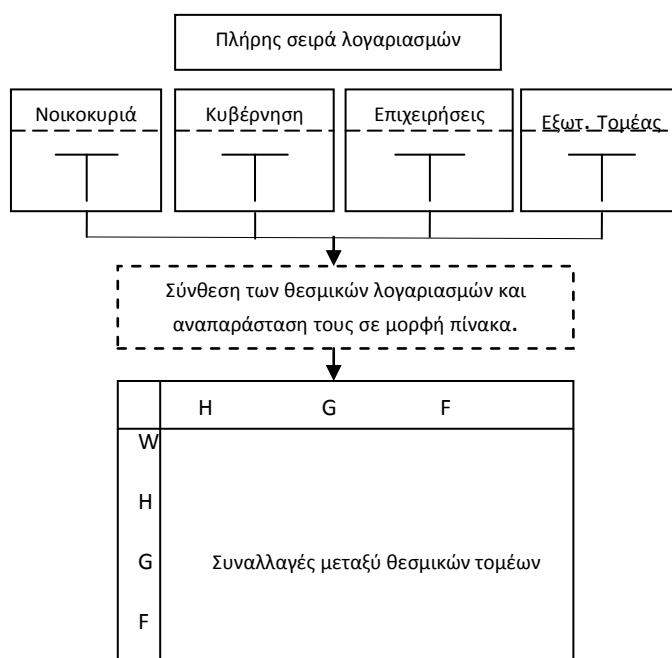
Πίνακας 3.2-2: Θεσμικές μονάδες

ESA 95 code	
S.1	Ελλάδα
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 NPISH
S.2	Υπόλοιπος κόσμος

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 (

Πίνακας 3.2-3), ο φόρος εισοδήματος (D5) πληρώνεται από τα νοικοκυριά, και τις επιχειρήσεις (στήλη) και λαμβάνεται από το κράτος (γραμμή) .

Σχήμα 9: Σχηματική μεθοδολογία υπολογισμού των συναλλαγών μεταξύ θεσμικών μονάδων



Πίνακας 3.2-3: Φόρος εισοδήματος και περιουσίας D5

D5 - Current taxes on income, wealth, etc.	Non-financial corporations	Financial corporations	General government	Households; NPISH	Rest of the world	Total (received)
Non-financial corporations						0
Financial corporations						0
General government	6018	746		9856		16620
Households; NPISH						0
Rest of the world						0
Total (paid)	6018	746	0	9856	0	

3.2.3 Πίνακας κατανάλωσης

Η κατανάλωση των νοικοκυριών⁵ 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 τελική κατανάλωση των νοικοκυριών ανά προϊόν. Ο μετασχηματισμός της κατανάλωσης ανά σκοπό σε ζήτηση για καταναλωτικά προϊόντα επιτυγχάνεται μέσω του πίνακα κατανάλωσης. Το GEM-E3 διακρίνει 60 κατηγορίες προϊόντων και 47 κατηγορίες COICOP. Τα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ανά προϊόν και ανά σκοπό αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων της EUROSTAT.

⁵ Στο υπόδειγμα GEM – E3 ο οικιακός τομέας έχει συγχωνευτεί με τον τομέα των μη κερδοσκοπικών ινστιτούτων που εξυπηρετούν τα νοικοκυριά (NPISH).

Πίνακας 3.2-4: Κατηγορίες κατανάλωσης ανά σκοπό του υποδείγματος GEM-E3 (ποσά σε εκατ. € 2005)

Food and non-alcoholic beverages	23865	Communications	1886
Food	22564	Postal services	35
Non-alcoholic beverages	1301	Telephone and telefax equipment	17
Alcoholic beverages, tobacco and narcotics	6847	Telephone and telefax services	1834
Alcoholic beverages	1419	Recreation and culture	10824
Tobacco	4699	Audio-visual, photographic and information processing equipment	735
Narcotics	729	Other major durables for recreation and culture	262
Clothing and footwear	9844	Other recreational items and equipment, gardens and pets	1644
Clothing	7490	Recreational and cultural services	4191
Footwear including repair	2355	Newspapers, books and stationery	2546
Housing, water, electricity, gas and other fuels	23647	Package holidays	1447
Actual rentals for housing	3793	Education	4271
Imputed rentals for housing	13985	Pre-primary and primary education	987
Maintenance and repair of the dwelling	1781	Secondary education	2701
Water supply and miscellaneous services relating to the dwelling	1558	Post-secondary non-tertiary education	251
Electricity, gas and other fuels	2530	Tertiary education	0
Furnishings, household equipment and routine maintenance of the ho	8176	Education not definable by level	332
Furniture and furnishings, carpets and other floor coverings	1606	Restaurants and hotels	20791
Household textiles	1169	Catering services	15797
Household appliances	1070	Accommodation services	4993
Glassware, tableware and household utensils	1000	Miscellaneous goods and services	13251
Tools and equipment for house and garden	165	Personal care	2604
Goods and services for routine household maintenance	3166	Prostitution	1405
Health	8265	Personal effects n.e.c.	2480
Medical products, appliances and equipment	2096	Social protection	193
Out-patient services	4050	Insurance	1484
Hospital services	2119	Financial services n.e.c.	3913
Transport	15244	Other services n.e.c.	1173
Purchase of vehicles	7243	Total	146910
Operation of personal transport equipment	4733		
Transport services	3269		

3.2.4 Φόροι

Το GEM-E3 διακρίνει τους εξής φόρους: i) επιδοτήσεις ii) δασμούς iii) Φ.Π.Α. και iv) έμμεσους φόρους. Λεπτομερή στοιχεία για το επίπεδο των φόρων δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν από την EUROSTAT τόσο σε κλαδικό επίπεδο όσο και σε εθνικό. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων “Taxes on Europe Database”, DG-TAXUD και είναι προσωρινά.

Πίνακας 3.2-5: Επίπεδο φόρων (εκατ. € 2005)

Subsidies	-2693
VAT	8178
Indirect Taxes	13391
Duties	1134
Total Taxes (Government -) S13	20 010

3.2.5 Αέρια του θερμοκηπίου

Η έκδοση του υποδείγματος GEM-E3 περιλαμβάνει τόσο τις εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων όσο και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από βιομηχανικές ή άλλες διεργασίες. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων της EUROSTAT ενώ όπου ήταν απαραίτητο αυτά συμπληρώθηκαν τόσο με στοιχεία της βάσης δεδομένων GTAP όσο και με στοιχεία από το UNFCCC. Η σύνδεση εκπομπών και οικονομικών δραστηριοτήτων (σε συγκεντρωτικό επίπεδο) παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.2-6: Σύνδεση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και οικονομικών δραστηριοτήτων

No	Κλάδος	Αέριο
1	Γεωργία	CH ₄ , N ₂ O
2	Άνθρακας	CH ₄
4	Φυσικό αέριο	CH ₄
5	Ηλεκτρισμός	SF ₆
6	Σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα	PFCs, SF ₆
7	Χημική βιομηχανία	HFCs
8	Λοιποί ενεργοβόροι κλάδοι	CO ₂
9	Ηλεκτρικά αγαθά	HFCs
10	Λοιπός μηχ/κος εξοπλισμός	PFCs, SF ₆
11	Μεταφορές	N ₂ O
12	Μη αγοραίες υπηρεσίες	CH ₄

Πίνακας 3.2-7: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το 2005, σε Mt ισοδύναμου CO₂

Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου το 2005 (σε Mt ισοδύναμου CO ₂)	
CO ₂	112649
CH ₄	385,7
N ₂ O	32,2
HFC	2161,1
PFC	71,3
SF ₆	0
Σύνολο	115299,7

Κεφάλαιο 4: Μελέτη του κόστους της μη δράσης

4.1 Εισαγωγή

Η αποτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα σε περίπτωση μη δράσης έγινε στα πλαίσια προγράμματος, συντονισμένου από την Τράπεζα της Ελλάδος. Ο ρόλος του εργαστηρίου E3M-Lab στο πρόγραμμα αυτό είναι η οικονομική μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η μελέτη αυτή θα πραγματοποιηθεί με την χρήση του μοντέλου γενικής ισορροπίας GEM-E3. Ο ρόλος των υπολοίπων ομάδων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα είναι ο ποσοτικός καθορισμός των άμεσων συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Τα αποτελέσματα αυτά, θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδος στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3 για την τελική αποτίμηση του κόστους στο σύνολο της ελληνικής οικονομίας. Καθώς τα αποτελέσματα των υπολοίπων ομάδων δεν είναι ακόμα διαθέσιμα, το εργαστήριο, πέρα από την διαμόρφωση του μοντέλου GEM-E3 ώστε να περιλαμβάνει τα πιο έγκυρα στοιχεία για την ελληνική οικονομία, προχώρησε και σε μια εκτίμηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα, χρησιμοποιώντας κυρίως τα αποτελέσματα της μελέτης PESETA.

Πιο συγκεκριμένα το εργαστήριο πραγματοποίησε τα εξής:

- i. αναγωγή των αποτελεσμάτων του έργου PESETA για την Ελλάδα
- ii. σύνδεση αποτελεσμάτων κλιματικών μοντέλων με τις μεταβλητές του υποδείγματος γενικής ισορροπίας GEM-E3, και
- iii. προσομοίωση του σεναρίου της μη δράσης (κάνοντας χρήση προσωρινών εκτιμήσεων για τις επιπτώσεις στη γεωργία, την υγεία, στον τουρισμό, τα ποτάμια, τις παράκτιες περιοχές, τις δασικές πυρκαγιές, την διαθεσιμότητα νερού και την ζήτηση ενέργειας).

Από την ομάδα του εργαστηρίου, συγκεντρώθηκαν σε έναν πίνακα (Πίνακας 4.1-1) οι τομείς οι οποίοι πρέπει να εξεταστούν καθώς και τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την αποτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής τόσο στο σενάριο της μη δράσης όσο και στο σενάριο της προσαρμογής. Η συμπλήρωση του Πίνακα 4.1-1 με στοιχεία από τις αντίστοιχες ομάδες εργασίας βρίσκεται σε εξέλιξη. Παρακάτω παρατίθεται η πλέον ενημερωμένη έκδοση του πίνακα αυτού.

Πίνακας 4.1-1: Ανάλυση στοιχείων σεναρίων Μη Δράσης, Προσαρμογής.

Impact Area	Nature of change	Inaction			Adaptation		
		Direct effect	Economic effect (*)	Direct costs in € (*)	Direct effect	Economic effect (*)	Direct Costs in € (*)
Agriculture	<p>a. Crops</p> <ul style="list-style-type: none"> - Changes in temperature and rainfall affects the production of barley, oats and wheat - Changes in surface runoff affect the production of irrigated crops. - Impact on pollinators - Outbreak of pests and diseases 	<p>a. Crop ruins/nourished (yield change)</p>	<p>a. Crop yields: Total crop yield decrease by 12%^(a)</p>		<p>a. Fertilizers use.</p>	<p>a. Expenditures in additional intermediate inputs:</p>	
	<p>b. Livestock</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rainfall changes alter the carrying capacity of land used for livestock - Increased incidence of flooding 	<p>b. Change in the carrying land capacity for livestock (reduction in available land)</p>	<p>b. Livestock output:</p>		<p>b. Change in livestock land capacity.</p>	<p>b. Expenditure in livestock infrastructure:</p>	
	<p>c. Dairy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rainfall changes alter feedstock requirements. - Rainfall changes alter the productivity of milk production. - Heat stress results in lower milk production in dairy cows 	<p>c. Dairy output.</p>	<p>c. Dairy output:</p>		<p>c. Use of supplementary feedstock, shift to capital intensive dairy production, Change of infrastructure (i.e. cool dairy cattle in times of extreme heat).</p>	<p>c. Expenditure in dairy infrastructure and intermediate inputs:</p>	
Fisheries	<p>a. Fish: Changes in temperature affect oceans salinity and fish ecosystem.</p>	<p>a. Changes in fish metabolism, growth rates, seasonal reproduction, and susceptibility to diseases and toxins.</p>	<p>a. Fish production.</p>		<p>a. Changes in aquaculture sites and infrastructure.</p>	<p>a. Aquaculture capital expenditures.</p>	
Human Health	<p>a. Heat / cold related morbidity effects, water borne diseases.</p>	<p>a. Change in mortality rates due to extreme temperatures.</p>	<p>a. Mortality rates^(b):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heat related: 18 additional deaths per 100.000 persons - Cold related: 52 less deaths per 100.000 persons - Public health expenditures: - Effect on labour supply: - Working days lost: 		<p>a. Improvement of Heating/cooling of buildings, construction of alternative water supply.</p>	<p>a. Expenditures in heating/cooling of buildings and alternative water supply.</p>	
	<p>b. Alteration of the geographical range of certain vector-borne infections and extension of the annual peaks of summertime food-borne infections</p>	<p>b. Spread of climate sensitive diseases.</p>					
Coastal systems	<p>a. Sea level rise, erosion, salinity intrusion</p>	<p>a. Damages:</p> <ul style="list-style-type: none"> - buildings in coastal settlements (including inventory). - Lower coastal agriculture yields - Reduction of available land for coastal agriculture - Migration - Direct effect on coastal tourism - The availability of sanitary, potable water will be affected 	<ul style="list-style-type: none"> - Expenditures for repairing existing infrastructure: - Change in yield: - Wetland loss 1530 km²^(b) - People affected 456 m.^(b) 		<p>a. Construction of new infrastructure to protect coastal areas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lower productivity in selected sectors - Socioeconomic cost of migration 	
	<p>b. Damages from storms, wind spread, flooding, change in soil conditions (It concerns dwellings, industry and commerce).</p>	<p>b. Damages in port infrastructure and operation</p>				<p>b. Expenditure in new infrastructure</p>	

Impact Area	Nature of change	Inaction			Adaptation		
		Direct effect	Economic effect (*)	Direct costs in € (*)	Direct effect	Economic effect (*)	Direct Costs in € (*)
Tourism	a. Changes in temperature and sea level. b. Shortage of water supply c. Increased incidences of extreme events	a. Impact on tourism demand and income b. Changes in domestic and international tourist flows. c. Higher resources consumption d. Damage to tourist infrastructure and attractions. e. Increased probability for forest fires f. Threatened biodiversity g. Seasonality improves	a. Overnights and occupancy rate decrease (no estimation found) b. Higher prices in travel and accommodation c. Average daily tourist receipts decline d. RevPAR (Revenue per available room) declines	(c) Tourism expenditure decreases (no estimation found)	a. Changes in infrastructure. B. Marketing the product in new markets c. Developing new-alternative forms of tourism	a. Tourism-related capital expenditure b. Investment in new infrastructure required c. Costs related to repositioning Greece in the international tourism market d. Strengthening fire & flood management	No estimation available
Water	a. Climate change will affect patterns of sanitary water availability. b. Climate change will affect patterns and availability of irrigation water	a. Health and comfort effects b. Lower agriculture yields	a. Health expenditures b. Lower agriculture productivity, energy expenditures and consumption		a. Water storage and alternative water supply. b. Irrigation water infrastructure	b. New water infrastructure (e.g. Desalination plants, dams, dikes, deep water, long distance transportation, etc.)	
River flooding	a. Increase in precipitation result in river floods	a. Damages on residential buildings (including inventories), Damages on commerce, industry and roads, Flooded cultivable areas	a. 49.000 people affected ^(e)				
Energy demand and supply	a. Temperature driven changes in electricity demand b. Effect on T&D operation.	a. Higher electricity demand and higher peak load demand b. T&D losses and damages.	a. Higher costs of power supply b. Higher cost of maintenance of grid systems, Costs of power supply disruptions		a. Additional power generation plants and peaking plants b. Technologies protecting grid infrastructure.	a. Higher energy saving costs, Higher power supply costs b. Higher investment in grid infrastructure	
Extreme Weather	a. Increase of the frequency and intensity of extremes.	infrastructure, damages to people	- Capital stock losses, Higher maintenance costs, Health expenditures		a. Invest in protecting buildings and infrastructure, Civil protection	a. Expenditure in infrastructure, Expenditure	
Ecosystems and biodiversity	a. High temperatures and long drought periods b. Changes to the structure and function of ecosystems, the geographical range of species and the interaction between them	a. Forest fires during summer, especially August b. Species extinction	**Up to and over 3 weeks of additional dry days in the north Mediterranean resulting from a 2°C rise				

* Figures from Peseta report for Southern Europe, according to the A2 HadAM3h scenario (temperature rise 3,9°C)

** GLO.PLA.CHA. Report 2009

^(a) Yield changes compared to 1961–1990 period and weighted by the country agriculture value added

^(b) Change in the period 2071–2100 compared to 1961–1990

©

^(d) Differences compared to 1995

^(e) Differences compared to the 1961–1990 period

4.2 Ορισμός σεναρίου μη δράσης για την Ελλάδα

Για τον ορισμό του σεναρίου μη δράσης χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης PESETA (Ciscar 2009)⁶. Τα αποτελέσματα της μελέτης αφορούν τις εξής περιοχές:

- Νότια Ευρώπη (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Βουλγαρία)
- Νότια Κεντρική Ευρώπη (Γαλλία, Αυστρία, Τσεχία, Σλοβακία, Ουγγαρία, Ρουμανία, Σλοβενία)
- Βόρεια Κεντρική Ευρώπη (Βέλγιο, Ολλανδία, Γερμανία, Πολωνία)
- Βρετανικά νησιά (Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο)
- Βόρεια Ευρώπη (Σουηδία, Φινλανδία, Εσθονία, Λεττονία, Λιθουανία)

Προκειμένου να υλοποιηθεί το σενάριο μη δράσης με το μοντέλο GEM-E3, και δεδομένου ότι τα απαραίτητα δεδομένα δεν είναι ακόμα διαθέσιμα από τις αντίστοιχες ομάδες εργασίας του προγράμματος της Τράπεζας της Ελλάδος, ήταν απαραίτητο να αναχθούν τα αποτελέσματα της μελέτης για την Νότια Ευρώπη στο επίπεδο της Ελλάδας. Καθώς η μελέτη PESETA περιορίζεται στους τομείς της γεωργίας, των ποταμών, των παράκτιων περιοχών, του τουρισμού και της υγείας, για την μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους υπόλοιπους τομείς, χρησιμοποιήθηκαν εκτιμήσεις προερχόμενες από ποικιλία μελετών της διεθνούς βιβλιογραφίας. Τα στοιχεία που υπολογίστηκαν και τα οποία τροφοδοτούν τις κατάλληλες παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3, παρουσιάζονται στις ακόλουθες υποενότητες. Τα στοιχεία αυτά δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης, αλλά έχουν ως σκοπό να αποτελέσουν την βάση για κριτική, συμπλήρωση και αναθεώρηση από τις υπόλοιπες ομάδες. Επιπλέον, η υλοποίηση του σεναρίου μη δράσης με τα δεδομένα αυτά επιτρέπει τόσο την αξιολόγηση, όσο και την παρουσίαση στις υπόλοιπες ομάδες της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης τα κοινωνικό-οικονομικά σενάρια που μελετώνται είναι τα A2 και B2, τα οποία αναπτύχθηκαν από το IPCC και περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2.2. Στην μελέτη PESETA, τα δυο αυτά κοινωνικό-οικονομικά σενάρια εισάγονται σε δύο κλιματικά μοντέλα, το HadCM3 και το ECHAM4. Έτσι, προκύπτουν τέσσερα διαφορετικά σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής. Σε αυτά, η αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή εξαρτάται τόσο από το κοινωνικό-οικονομικό σενάριο που επιλέχθηκε και όσο και από το κλιματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε. Η μελέτη τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων στοχεύει στο να αποτυπώσει την αβεβαιότητα γύρω από τις κινητήριες δυνάμεις πίσω από τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου αλλά και την ευαισθησία που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα διαφορετικών κλιματικών μοντέλων στις εκπομπές. Ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης PESETA είναι το 2080 (περίοδος 2070-2100). Τα τέσσερα σενάρια αύξησης της θερμοκρασίας είναι:

⁶ Ciscar, Juan-Carlos. "PESETA research project. Climate change impacts in Europe ." 2009.

Πίνακας 4.2-1: Τα τέσσερα σενάρια που αναπτύσσονται στην μελέτη PESETA

Κλιματικό μοντέλο	Κοινωνικό-οικονομικό σενάριο	Αύξηση Θερμοκρασίας (C°) μέχρι το 2080	Όνομα σεναρίου
HadCM3	B2	+2,5	B2_Had +2,5°C
HadCM3	A2	+3,9	A2_Had +3,9°C
ECHAM4	B2	+4,1	B2_EC +4,1°C
ECHAM4	A2	+5,4	A2_Had +5,4°C

Τα σενάρια αυτά εξέλιξης της θερμοκρασίας και της κλιματικής αλλαγής θα χρησιμοποιηθούν και για την παρούσα μελέτη. Στην συνέχεια της εργασίας, τα τέσσερα αυτά σενάρια θα αντιπροσωπεύονται από την αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας. Ο χρονικός ορίζοντας αυτής είναι το έτος 2050, κατά το οποίο η θερμοκρασιακή αύξηση και οι επιπτώσεις στο κλίμα θα είναι μετριασμένες σε σχέση με το 2080. Επομένως, σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι εκτιμήσεις της μελέτης PESETA, γίνεται μια αναγωγή αυτών στο έτος 2050 χρησιμοποιώντας παραβολική σχέση χρόνου- επιπτώσεων. Η παραβολική αυτή σχέση προκύπτει κάθε φορά θεωρώντας ότι το έτος 1990 ή το 2005 (ανάλογα με τα δεδομένα) οι επιπτώσεις είναι μηδενικές και με δεδομένες τι επιπτώσεις του 2080. Έχουμε δηλαδή μια παραβολική σχέση της μορφής $Y = \alpha X^2 + \beta$ όπου Y η επίπτωση (σε όποια μορφή μας δίνεται, κόστους ή άλλου μεγέθους), X η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει την χρονική περίοδο, α και β παράμετροι της παραβολής. Δυο λύσεις της εξίσωσης είναι γνωστές, μια για X=2080 και για X=2005 ή 1990 όπου θεωρούμε ότι Y=0 καθώς το έτος αυτό είναι το έτος βάσης σε σχέση με το οποίο αποδίδονται οι επιπτώσεις του έτους 2080. Από αυτές τις δυο λύσεις μπορούμε να βρούμε τα α και β και να καταστρώσουμε κάθε φορά την παραβολική σχέση χρόνου-επιπτώσεων. Η σχέση αυτή φυσικά δεν αποτελεί επιστημονικά τεκμηριωμένη σχέση μεταξύ των επιπτώσεων και του χρόνου, κάτι το οποίο είναι αποκλειστικά προϊόν των εξειδικευμένων κλιματικών μοντέλων.

4.2.1 Γεωργία

Η γεωργία είναι κατ' εξοχήν εξαρτώμενη από το κλίμα. Οι αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες και στην συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης των καλλιεργειών και την διαθεσιμότητα του νερού, αποσταθεροποιώντας την γεωργική παραγωγή. Η αποσταθεροποίηση αυτή εισάγει μια σειρά από σοβαρά προβλήματα για την αγροτική κοινωνία και οικονομία όπως ανταγωνισμό για την χρήση υδάτινων πόρων, αυξημένα κόστη παραγωγής και, κυρίως, εντατικοποίηση των τοπικών διαφορών στην παραγωγή (καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι έντονα διαφοροποιημένες για κάθε περιοχή, με άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές επιπτώσεις) η διαφοροποίηση αυτή, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δυσχεραίνει την αποτελεσματικότητα όποιας αγροτικής πολιτικής. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι επιπτώσεις στην γεωργία πλήττουν ιδιαίτερα τις φτωχές αγροτικές χώρες, απειλώντας με λιμούς και καταστροφικές συνέπειες στην οικονομία τους, καθώς δεν διαθέτουν τα κατάλληλα τα τεχνολογικά μέσα είτε για να υποστηρίξουν την παραγωγή τους είτε για να εφαρμόσουν πολιτικές προσαρμογής (Parry, Rosenzweig and Iglesias 1998).

Φυσικές συνέπειες

Η κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην γεωργία είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία. Η παραγωγικότητα του αγροτικού τομέα είναι συνάρτηση πάρα πολλών σύνθετων φυσικών παραγόντων. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει αυτούς τους παράγοντες με πολλούς τρόπους, επομένως, η ποσοτική ανάλυση των τελικών επιπτώσεων είναι μια μεγάλη πρόκληση. Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει κοινωνικές αλλαγές οι οποίες θα επιδράσουν με διάφορους τρόπους στην αγροτική οικονομία, πχ. δημογραφικές αλλαγές λόγω της κλιματικής αλλαγής μπορούν να αλλάξουν την ευπάθεια των υδάτινων πόρων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της αβεβαιότητας με την οποία περιβάλλονται οι εκτιμήσεις στον αγροτικό τομέα, περιγράφεται στην μελέτη Stern με την ανάλυση της εκτίμησης του «carbon fertilization effect» η οποία αναφέρεται στην ευεργετική επίπτωση που έχει στα φυτά η παρουσία διοξειδίου του άνθρακα. Πολλές παλαιότερες μελέτες λάμβαναν υπ' όψιν την θετική αυτή επίδραση, υποτιμώντας τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Αργότερα, αναλύσεις (Long *et al.* 2006 και Parry *et al.* 2004) έδειξαν ότι οι θετικές επιπτώσεις του διοξειδίου του άνθρακα αφορούν περισσότερο φυτά μεγαλωμένα στο θερμοκήπιο και είναι πολύ μικρές για φυτά εκτός θερμοκηπίου, αποκαλύπτοντας την υπερεκτιμημένη επίδραση του φαινομένου στην αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Στον Πίνακα 4.2-2 γίνεται μια συγκεντρωτική καταγραφή της συσχέτισης αλλαγών στις κλιματικές συνθήκες και των επερχόμενων επιπτώσεων στον αγροτικό τομέα, με σκοπό να γίνει εμφανής η δυσκολία στην αποτίμηση των γεωργικών μεταβολών:

Πίνακας 4.2-2: Κλιματική αλλαγή και φυσικοί παράγοντες που σχετίζονται με την αγροτική παραγωγή

Κλίμα και φυσικοί παράγοντες	Αναμενόμενη αλλαγή	Πιθανές συνέπειες στην αγροτική παραγωγή	Βεβαιότητα
Συγκέντρωση CO ₂ στην ατμόσφαιρα	Αύξηση	-Αύξηση στην παραγωγή βιομάζας και πιθανόν μείωση στην απαιτούμενη ποσότητα νερού για τις καλλιέργειες.	Μέτρια
		-Μεταβολή στην υδρολογική ισορροπία του εδάφους λόγω της αλλαγής στην σχέση C/N.	
		-Αύξηση των ζιζανίων.	
		-Μεταβολή των αγροτικών συστημάτων.	Μεγάλη
		-Μεταβολή στον κύκλο του αζώτου.	
		-Μικρότερη αύξηση στην σοδειά από την αναμενόμενη.	Μικρή
Συγκέντρωση του όζοντος O ₃ στην ατμόσφαιρα	Αύξηση	-Μείωση της σοδειάς	Μικρή
Ακραία καιρικά φαινόμενα	Αυξημένη συχνότητα εναλλαγής ξηρών και υγρών περιόδων	-Μείωση της σοδειάς ή και καταστροφή της. -Έλλειψη νερού.	Μεγάλη
Στάθμη της θάλασσας	Αύξηση	-Καταστροφή των παράκτιων αγροτικών περιοχών - Υφαλμύρωση των υδάτινων πόρων που χρησιμοποιούνται από την γεωργία.	Μεγάλη
Πυκνότητα βροχοπτώσεων	Εντατικοποίηση του κύκλου του νερού, με μεγάλες τοπικές διαφοροποιήσεις.	-Αλλαγή στη διάβρωση και την επικάλυψη. -Αλλαγή στις επιπτώσεις των καταιγίδων λόγω	Μεγάλη

		αλλαγής της έντασης και της συχνότητας τους. -Αύξηση των παρασίτων.	
Θερμοκρασία	Αύξηση	-Αλλαγές στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών αλλά και την καταλληλότητα των σπαρτών . -Αλλαγές στην εμφάνιση ζιζανίων, παρασίτων και ασθενειών των φυτών. -Αλλαγή στις ανάγκες άρδευσης. -Αλλαγή στην ποιότητα της σοδειάς.	Μεγάλη
Θερμική καταπόνηση	Αύξηση στην συχνότητα και την διάρκεια περιόδων καύσωνα	-Καταστροφή των σπόρων και αύξηση ορισμένων παρασίτων.	Μεγάλη

Πηγή: (Iglesias, et al. 2009a)

Το τελικό αποτέλεσμα όλων αυτών των παραγόντων και αυτό το οποίο υπολογίζεται ποσοτικά, είναι η μείωση της συνολικής γεωργικής παραγωγής.

Συγκεκριμένα για την περιοχή της Μεσογείου (και κατ' επέκταση για την Ελλάδα), λόγω της αυξημένης περιόδου ξηρασίας το καλοκαίρι και των περισσότερο έντονων βροχοπτώσεων κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα, αναμένεται ότι (Giannakopoulos, et al. 2009):

- Οι σοδειές της περιόδου του φθινοπώρου και του χειμώνα θα παραμείνουν στα ίδια επίπεδα ή ακόμα και ότι θα αυξηθούν.
- Οι σοδειές της καλοκαιρινής περιόδου θα σημειώσουν σημαντική μείωση.

Η μελέτη PESETA προσεγγίζει τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στον αγροτικό τομέα θεωρώντας ότι οι αγρότες θα λάβουν μόνοι τους κάποια μέτρα για να υποστηρίξουν την παραγωγή τους – όπως η χρήση λιπασμάτων-, ανεξάρτητα από επίσημες πολιτικές. Επίσης, στην μελέτη PESETA δεν έχουν ληφθεί υπ' όψιν πολιτικές σχετικά με την διανομή νερού, η έλλειψη του οποίου στο μέλλον και η ανάγκη για ύδρευση των πόλεων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού για τις καλλιέργειες⁷. Είναι, από την άποψη αυτή, μια μελέτη αισιόδοξη ως προς την παραγωγή. Ακόμη, λαμβάνει υπ' όψιν μόνο τις μεταβολές στην σοδειά που θα προκύψουν επειδή θα καταστούν οι παρούσες καλλιέργειες ακατάλληλες υπό τις νέες κλιματικές συνθήκες ` δεν έχουν συμπεριληφθεί οι καταστροφές από πλημμύρες, οι συνέπειες από την μεταβολή της ποιότητας του υδάτινου υποστρώματος, κα. Τα αποτελέσματα της μελέτης για την νότια Ευρώπη φαίνονται στον Πίνακα 4.2-3:

⁷ Αναφορά στις επιπτώσεις στην γεωργία από την έλλειψη νερού γίνεται στο κεφάλαιο 4.2.7 Διαθεσιμότητα Νερού 133.

Πίνακας 4.2-3: Μεταβολές στην σοδειά της Νότιας Ευρώπης το 2080 σε σχέση με την περίοδο 1961-1990

Μεταβολή στην Θερμοκρασία	+2,5°C	+3,9°C	+4,1°C	+5,4°C
Νότια Ευρώπη	0%	-12%	-4%	-27%

Πηγή: PESETA (2009)

Οικονομικές Επιπτώσεις

Η μεταβολή στην αγροτική παραγωγή λόγω της κλιματικής αλλαγής υπολογίζεται υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιούνται οι ίδιοι παραγωγικοί συντελεστές με την παρούσα οικονομία. Επομένως, η μεταβολή στην παραγωγή αντιπροσωπεύεται από μεταβολή της απόδοσης των παραγωγικών συντελεστών (με άλλα λόγια, της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα). Η μεταβολή αυτή στην παραγωγικότητα υλοποιείται με αντίστοιχη μεταβολή του συντελεστή παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.

Αυτό σημαίνει πως σε περίπτωση μείωσης της παραγωγής, προκειμένου να ικανοποιηθεί η ζήτηση για αγροτικά προϊόντα, θα πρέπει να προστεθούν και άλλοι παραγωγικοί συντελεστές ή να αντικατασταθούν οι υπάρχοντες, να αυξηθούν οι εισαγωγές ή να μειωθούν οι εξαγωγές κλπ. Τα παραπάνω έχουν ένα κόστος για την οικονομία, και αυτό είναι το κόστος της κλιματικής αλλαγής για τον αγροτικό τομέα. Αντίστοιχα ισχύουν για την περίπτωση που βελτιωθεί η παραγωγικότητα.

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει μια πρώτη εκτίμηση των επιπτώσεων στην οικονομία με το μοντέλο GEM-E3 είναι οι εκτιμήσεις της μελέτης PESETA όπως φαίνονται στον Πίνακα 4.2-3, σχετικά προσαρμοσμένα για την Ελλάδα και για το έτος 2050 αντί του 2080. Ακολουθούν τα βήματα με τα οποία έγινε η σχετική προσαρμογή:

1. Θεωρήθηκε ότι οι κλιματικές επιπτώσεις ακολουθούν μια παραβολική καμπύλη σε σχέση με τον χρόνο. Εφαρμόζοντας λοιπόν μια παραβολική σχέση, με μηδενικές επιπτώσεις για το έτος βάσης 2005, και με δεδομένες τις επιπτώσεις του 2080, προέκυψαν οι επιπτώσεις για το 2050.
2. Έγινε η παραδοχή ότι η μεταβολή στις καλλιέργειες για την νότια Ευρώπη είναι ικανοποιητικά αντιπροσωπευτική ως μέσος όρος και για την Ελλάδα. Η παραδοχή αυτή, πιθανότατα να αποκλίνει σημαντικά από την πραγματικότητα, καθώς, όπως αναφέραμε παραπάνω, οι τοπικές διαφοροποιήσεις θα είναι πολύ μεγάλες.
3. Η ποσοστιαία μεταβολή της σοδειάς εισάγεται απευθείας ως ποσοστιαία μεταβολή του τεχνικού συντελεστή παραγωγής.

Τελικά, τα αποτελέσματα που προκύπτουν για την μείωση της παραγωγικότητας είναι:

Πίνακας 4.2-4: Ποσοστιαία μεταβολή στον συντελεστή παραγωγικότητας το 2050 λόγω της κλιματικής αλλαγής

Μεταβολή στην Θερμοκρασία	+2,5°C	+3,9°C	+4,1°C	+5,4°C
Ελλάδα	0%	-7,15%	-2,38%	-16,08%

4.2.2 Πλημμύρες Ποταμών

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Μεσογείου, είναι η ξηρασία και η μείωση των βροχοπτώσεων. Παρ' όλα αυτά, αναμένεται οι όποιες βροχοπτώσεις να είναι πολύ έντονες και συσσωρευμένες σε χρονικές περιόδους, με αποτέλεσμα, παρά την γενική ανομβρία, να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πλημμύρων. Η μελέτη PESETA εκτιμά πως για πολύ αυξημένες θερμοκρασίες η ξηρασία επικρατεί της σφοδρότητας των πλημμύρων, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι καταστροφές από πλημμύρες και να εμφανίζεται μια θετική επίδραση στην οικονομία. Βεβαίως, η επίδραση αυτή είναι μεμονωμένη και δεν μπορεί να αξιολογηθεί θετικά για το σύνολο της οικονομίας, από την στιγμή που η ξηρασία θα επιφέρει μια σειρά από πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Μια εξ' αυτών, άμεσα συνδεόμενη με τον όγκο νερού των ποταμών, είναι η παροχή νερού για την λειτουργία των υδροηλεκτρικών, η οποία δεν εξετάζεται στο κομμάτι αυτό της εργασίας. Στην παρούσα μελέτη, η θετική αυτή επίδραση δεν λαμβάνεται καθόλου υπ' όψιν.

Φυσικές Συνέπειες

Οι πλημμύρες των ποταμών αποτελούν την σημαντικότερη και πιο συνήθη φυσική καταστροφή για την Ευρώπη. Η μελέτη PESETA αναφέρει ζημιές της τάξης των 6,5 δισεκατομμυρίων ευρώ και σύνολο πληγέντων ανθρώπων 194 000 κατ' έτος, για την περίοδο 1961-1990.

Η πιο σημαντική επίπτωση από την υπερχειλίση των ποταμών, είναι οι καταστροφές σε κατοικίες των παραποτάμιων περιοχών. Η μελέτη PESETA αποδίδει το 80% του συνολικού μεριδίου των ζημιών στις καταστροφές σπιτιών. Ο αγροτικός τομέας επίσης θα πληγεί, λόγω της καταστροφής της σοδειάς των καλλιεργειών που βρίσκονται δίπλα σε ποτάμια. Άλλοι τομείς οι οποίοι υπόκεινται τις άμεσες συνέπειες των πλημμύρων είναι η βιομηχανία, το εμπόριο και οι χερσαίες μεταφορές, από καταστροφές τόσο κτηρίων όσο και μέρους της παραγωγής και του εξοπλισμού τους.

Η μελέτη PESETA παρέχει εκτιμήσεις για το μέγεθος του πληθυσμού που θα υποστεί τις συνέπειες, καθώς και για το σύνολο των ζημιών σε όλους του προαναφερθέντες τομείς, σε εκατομμύρια ευρώ, για τα τέσσερα διαφορετικά σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής. Ο αριθμός που δίνεται δεν αφορά το σύνολο των καταστροφών από πλημμύρες των ποταμών, αλλά τις καταστροφές από τις επιπλέον πλημμύρες που αναμένεται να προκαλέσει η κλιματική αλλαγή. Η μελέτη δεν λαμβάνει υπ' όψιν παράγοντες όπως τις μεταβολές στην χρήση της γης των παραποτάμιων περιοχών (κάτι το οποίο απουσιάζει σε μακρόχρονη κλίμακα από τα κοινωνικό-οικονομικά σενάρια που χρησιμοποιούνται), κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και αντοχή των κτηρίων, την ταχύτητα των ποταμών και την συγκέντρωση ιζημάτων και άλλων υλικών στο νερό που μπορεί να καταστήσουν τις πλημμύρες ακόμα πιο καταστροφικές. Τα αποτελέσματα για την Νότια Ευρώπη, φαίνονται στον Πίνακα 4.2-5:

Πίνακας 4.2-5: Αναμενόμενος πληθυσμός που πλήττεται από πλημμύρες κατ' έτος (σε χιλιάδες) και οικονομική ζημία σε εκατομμύρια ευρώ κατ' έτος, για το 2080, στην Νότια Ευρώπη

Μεταβολή στην θερμοκρασία	+2,5°C	+3,9°C	+4,1°C	+5,4°C
Πληθυσμός που πλήττεται σε χιλιάδες ανθρώπους το 2080				
Νότια Ευρώπη	46	49	9	-4
Οικονομικές ζημιές σε εκατομμύρια ευρώ το 2080				
	2306	2122	291	-95

Πηγή: PESETA (2009)

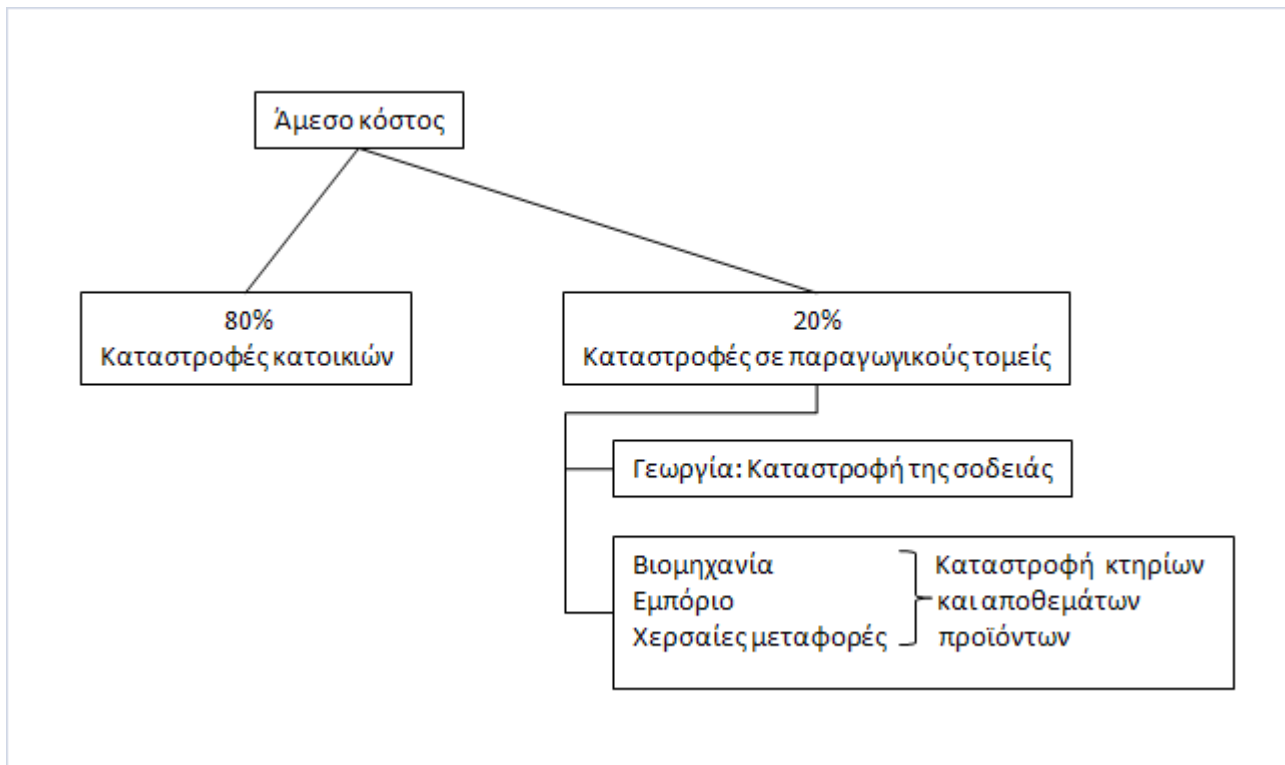
Αποτελέσματα κλιματικών μοντέλων δείχνουν ότι οι πλημμύρες είναι ένα φαινόμενο που θα επιδεινωθεί και στην χώρα μας με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, ειδικά σε συγκεκριμένες περιοχές. Σε συνδυασμό με τις εκτεταμένες πυρκαγιές και συνεπώς την διάβρωση του εδάφους που λειτουργεί προστατευτικά από τις πλημμύρες, μπορεί οι καταστροφές αστικών περιοχών να είναι μεγάλες σε σχέση με το πώς τις έχουμε βιώσει μέχρι σήμερα.

Ειδικότερα, το μοντέλο LISFLOOD που χρησιμοποιήθηκε από την μελέτη PESETA, προβλέπει για την Ελλάδα σε σχέση με την περίοδο 1960-1990:

- Για το σενάριο των +2,5°C: επιδείνωση των πλημμύρων κατά 100-250% για τις περιοχές της Αιτωλοακαρνανίας και της Ηλείας, 25-50% για την Θράκη και μείωση των πλημμύρων μέχρι και -100% για την υπόλοιπη Ελλάδα.
- Για το σενάριο των +3,9°C: επιδείνωση των πλημμύρων σε όλη την κεντρική Ελλάδα, την Μακεδονία και την Θράκη από 25-250% και μείωση για την περιοχή της Πελοποννήσου της τάξης του -10%

Οικονομικές επιπτώσεις

Οι οικονομικές συνέπειες της αναμενόμενης υπερχειλίσης των ποταμών είναι το άμεσο κόστος της αποκατάστασης των ζημιών, τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για τους παραγωγικούς τομείς. Εκτίμηση του ύψους του κόστους έχει ήδη δοθεί στον Πίνακα 4.2-5.



Σχήμα 10: Τομείς που πλήττονται άμεσα από τις πλημμύρες και συνέπειες

Σύμφωνα με εκτιμήσεις σχετικών μελετών (Huizinga, 2007), τις οποίες χρησιμοποιεί και η μελέτη PESETA, το 80% του συνολικού άμεσου κόστους αφορά καταστροφές σε κατοικίες των παραποτάμιων περιοχών και επιβαρύνει τα νοικοκυριά. Το υπόλοιπο 20% αφορά τους τομείς της γεωργίας, της βιομηχανίας, του εμπορίου και των μεταφορών (Σχήμα 10).

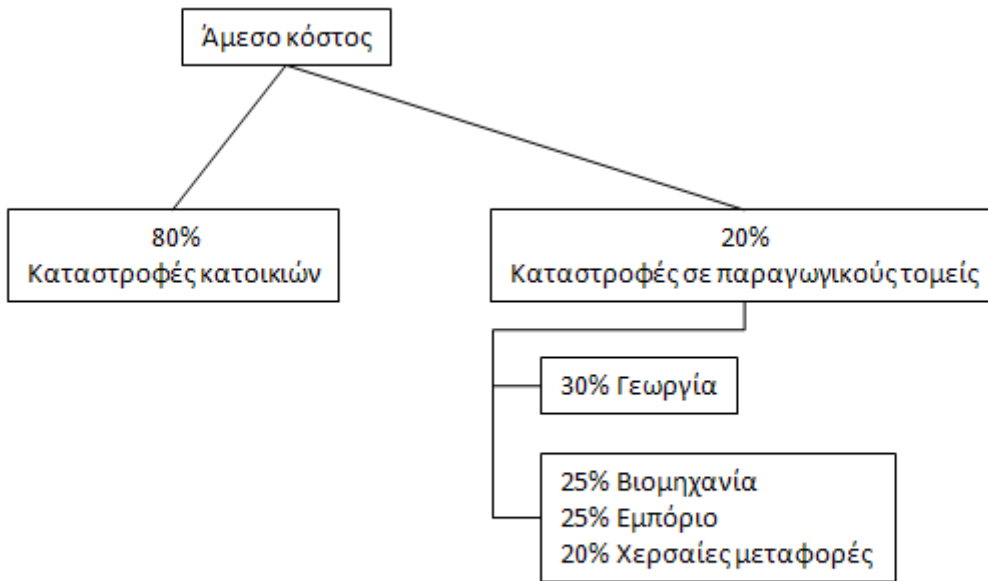
Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μελέτη με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3 για την Ελλάδα, χρειάζεται να γίνει καταμερισμός του κόστους στους προαναφερθέντες παραγωγικούς τομείς. Για τον σκοπό αυτό, χρειάζονται δεδομένα σχετικά με την κατανομή των παραγωγικών δραστηριοτήτων και του πληθυσμού στις παραποτάμιες περιοχές. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, ο καταμερισμός του κόστους υποτέθηκε ο εξής:

Πίνακας 4.2-6: Καταμερισμός των ζημιών των πλημμύρων στους τομείς παραγωγικών δραστηριοτήτων

Γεωργία	30%
Βιομηχανία	25%
Εμπόριο	25%
Μεταφορές	20%

Ο τελικός καταμερισμός του άμεσου κόστους θα είναι λοιπόν:



Σχήμα 11: Τροποποίηση του Σχήμα 10 ώστε να φαίνεται ο ακριβής καταμερισμός του άμεσου κόστους των πλημμύρων

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήσεις της μελέτης PESETA (Πίνακας 4.2-5) στην παρούσα εργασία, έγιναν τα εξής:

- 1) Θεωρήθηκε ότι το συνολικό κόστος για την Νότια Ευρώπη κατανέμεται ανά χώρα ανάλογα με τον πληθυσμό. Από στοιχεία της EUROSTAT για το έτος 2005, προκύπτει ότι ο πληθυσμός της Ελλάδος αποτελεί το 8% του συνολικού πληθυσμού των χωρών της Νότιας Ευρώπης (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Βουλγαρία).
- 2) Η αναγωγή του κόστους στο έτος 2050 έγινε με χρήση παραβολικής σχέσης χρόνου-επιπτώσεων.

Στην συνέχεια, δίνεται μια καταγραφή του τρόπου με τον οποίο το άμεσο κόστος για κάθε περίπτωση εισάγεται στο οικονομικό μοντέλο:

- Τις ζημιές σε κατοικίες αναλαμβάνουν να καλύψουν τα ίδια τα νοικοκυριά. Αυτή η επιπλέον δαπάνη προσομοιώνεται στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3 αυξάνοντας την υποχρεωτική κατανάλωση (subsistence minima) στην συνάρτηση κατανάλωσης των νοικοκυριών (LES, Stone-Geary, 1954). Το μοντέλο διακρίνει 47 τομείς κατανάλωσης των νοικοκυριών. Από αυτούς, επιπλέον δαπάνη λόγω των καταστροφών των πλημμύρων θεωρήθηκε ότι γίνεται στους τομείς i) συντήρησης και επισκευών του οικήματος (ο οποίος θεωρήθηκε ότι θα απορροφήσει το 40% των συνολικών επιπλέον εξόδων), ii) στο σύνολο των τομέων επίπλωσης, εξοπλισμού του νοικοκυριού και καθημερινής συντήρησης του οικήματος (οι οποίοι θα απορροφήσουν ισομερώς το υπόλοιπο 60%).
- Οι καταστροφές στην γεωργία αντιπροσωπεύονται από ποσοστιαία μείωση του συντελεστή παραγωγικότητας. Η ποσοστιαία μείωση του συντελεστή παραγωγικότητας, ισούται με τον λόγο:

$\frac{\text{ζημία}}{\text{αξία της παραγόμενης ποσότητας στο σενάριο αναφοράς}}$

- Οι καταστροφές στους υπόλοιπους παραγωγικούς τομείς, αφορούν απώλειες κεφαλαίου και αποθεμάτων. Οι απώλειες κεφαλαίου αντιπροσωπεύονται απευθείας ως ποσοστιαία μείωση του κεφαλαίου, ίση με τον λόγο

$\frac{\text{απώλειες κεφαλαίου}}{\text{κεφάλαιο του τομέα στο σενάριο αναφοράς}}$

- Οι καταστροφές προϊόντων αντιπροσωπεύονται από μείωση του συντελεστή παραγωγικότητας ίση με τον λόγο

$\frac{\text{ζημία}}{\text{αξία της παραγόμενης ποσότητας στο σενάριο αναφοράς}}$

Επαναλαμβάνουμε ότι η μεταβολή στην παραγωγή προϊόντων γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιούνται οι ίδιοι παραγωγικοί συντελεστές με την παρούσα οικονομία. Επομένως, η μεταβολή στην παραγωγή αντιπροσωπεύεται από μεταβολή στην απόδοση των παραγωγικών συντελεστών (με άλλα λόγια, στην παραγωγικότητα του τομέα και της υπάρχουσας τεχνολογίας) και όχι από απευθείας μεταβολή στην παραγόμενη ποσότητα.

Πίνακας 4.2-7: Επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων στις παραποτάμιες περιοχές, στην Ελλάδα, το 2050

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Νοικοκυριά: αύξηση της υποχρεωτικής κατανάλωσης	
	Συντήρηση και επισκευή του οικήματος	Επίπλωση, εξοπλισμός του νοικοκυριού και καθημερινή συντήρηση του οικήματος
+2,5°C	3,948%	0,215%
+3,9°C	3,633%	0,198%
+4,1°C	0,498%	0,027%
+5,4°C	0%	0%

Παραγωγικές δραστηριότητες						
Γεωργία	Χερσαίες μεταφορές		Βιομηχανία		Εμπόριο	
Μείωση της παραγωγικότητας	Μείωση της παραγωγικότητας	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος	Μείωση της παραγωγικότητας	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος	Μείωση της παραγωγικότητας	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος
0,052%	0,032%	0,158%	0,0034%	0,010%	0,0044%	0,011%
0,048%	0,029%	0,146%	0,0031%	0,009%	0,0041%	0,010%
0,007%	0,004%	0,020%	0,0004%	0,001%	0,0006%	0,001%
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

4.2.3 Παράκτιες περιοχές

Οι παράκτιες περιοχές ήταν πάντα οι περιοχές εκείνες στις οποίες υπήρχε συσσώρευση πλούτου και συγκέντρωση πληθυσμού, ενώ ακόμη και σήμερα συνεχίζεται με εντατικούς ρυθμούς η αύξηση του πληθυσμού σε αυτές και η αστικοποίησή τους (McGranahan 2007). Οι παράκτιες περιοχές λυπόν παρουσιάζονται ιδιαίτερα ευαίσθητες απέναντι στην κλιματική αλλαγή και στις συνέπειες της αύξησης της στάθμης των θαλασσών λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης κοινωνικό-οικονομικών πόρων σε αυτές. Ειδικότερα στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο μήκος ακτογραμμής που διαθέτει αλλά και δεδομένης της μορφής της οικονομίας της, βασικές συνιστώσες της οποίας είναι τόσο η ναυτιλία και η εκμετάλλευση των λιμανιών όσο και ο τουρισμός, είναι επιτακτική η ανάγκη μελέτης των συνεπειών της αύξησης της στάθμης της θάλασσας αλλά και η διερεύνηση των δυνατοτήτων προσαρμογής σε αυτή.

Για την ποσοτικοποίηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής όσον αφορά τις παράκτιες περιοχές η μελέτη PESETA χρησιμοποίησε το μοντέλο DIVA (McFadden, et al. 2007). Βασική αρχή λειτουργίας του μοντέλου DIVA είναι ο διαμερισμός των παράκτιων περιοχών σε μικρότερα, ανεξάρτητα μεταξύ τους, γραμμικά τμήματα οι επιπτώσεις επί των οποίων υπολογίζονται χωριστά.

Όπως προείπαμε όμως, μη έχοντας ακριβή στοιχεία για την Ελλάδα και δεδομένου ότι η μελέτη PESETA έγινε σε Πανευρωπαϊκή κλίμακα, οι εκτιμήσεις που παρουσιάζονται είναι ανακριβείς. Ακόμη, έχει υποτεθεί πως ο τρόπος αξιοποίησης της γης το 2080 θα είναι ίδιος με τον σημερινό. Τέλος η κλίμακα των επιπτώσεων είναι φυσικά άμεση συνάρτηση του επιπέδου της αύξησης της στάθμης της θάλασσας γύρω από το οποίο υπάρχει ακόμη μεγάλη αβεβαιότητα καθώς αυτό με την σειρά του είναι συνάρτηση των κλιματικών και κοινωνικό-οικονομικών σεναρίων που θα υποτεθούν.

Πίνακας 4.2-8: Άνοδος στάθμης θάλασσας(Α.Σ.Θ.) σε παγκόσμιο επίπεδο

	Κλιματικό σενάριο	ECHAM4		HADCM3		IPCC TAR
		A ₂	B ₂	A ₂	B ₂	
	Κοινωνικό-οικονομικό σενάριο	A ₂	B ₂	A ₂	B ₂	A ₂ / B ₂
Άνοδος στάθμης θάλασσας (cm)	Χαμηλή	29.2	22.6	25.3	19.4	9
	Μέση	43.8	36.7	40.8	34.1	-
	Υψηλή	58.5	50.8	56.4	48.8	88

Πηγή: PESETA (2009)

Η αβεβαιότητα που υπάρχει γύρω από το ύψος της ανόδου της στάθμης της θάλασσας αποτυπώνεται στον παραπάνω πίνακα, ενώ χαρακτηριστική είναι η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ του υψηλού και χαμηλού σεναρίου από το IPCC TAR (IPCC 2001). Αξίζει επίσης να αναφερθεί πως στα παραπάνω δεν λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα λόγω της αστάθειας των πάγων στην Ανταρκτική.

Φυσικές συνέπειες

Οι φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες περιοχές που μελετώνται στην παρούσα εργασία αφορούν μέση άνοδο στάθμης της θάλασσας και είναι οι εξής:

- απώλεια γης λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας
- απώλεια γης λόγω διάβρωσης του εδάφους
- πλημμύρες σε παράκτιες κατοικημένες περιοχές

Πίνακας 4.2-9: Συνολική απώλεια γης στην Ελλάδα (Χλμ²/ετος)

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Απώλεια γης λόγω βύθισης	Απώλεια γης λόγω διάβρωσης
+2,5°C	34,1cm	2020	0.3	0.0
		2080	0.4	0.0
+3,9°C	40,3cm	2020	0.3	0.0
		2080	88.8	0.1
+4,1°C	36,7cm	2020	0.3	0.0
		2080	2.3	0.1
+5,4°C	43,8cm	2020	0.3	0.0
		2080	123.3	0.1

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε πως οι φυσικές επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην Ελλάδα είναι εκ πρώτης όψεως αρκετά μικρότερες από όσο θα περίμενε κανείς. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως η Ελλάδα καταλαμβάνει πάνω από το 20% της Ευρωπαϊκής ακτογραμμής παρόλα αυτά όμως η φυσικές συνέπειες είναι σχετικά μικρές, κάτι που ίσως οφείλεται στην μορφολογία των ακτών μας.

Πίνακας 4.2-10: Συνολικός αριθμός ατόμων που πλήττονται από τις πλημμύρες των παράκτιων συστημάτων (χιλιάδες/έτος)

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Άτομα που πλήττονται από πλημύρες
+2,5°C	34,1cm	2020	400
		2080	30800
+3,9°C	40,3cm	2020	400
		2080	69000
+4,1°C	36,7cm	2020	400
		2080	32500
+5,4°C	43,8cm	2020	400
		2080	93200

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Οικονομικές Επιπτώσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται για τέσσερα διαφορετικά κοινωνικό-οικονομικά και κλιματικά σενάρια οι άμεσες οικονομικές επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας. Οι βασικές οικονομικές συνέπειες που λαμβάνονται υπόψη είναι το κόστος των πλημμύρων και το κόστος μετανάστευσης λόγω απώλειας γης.

Η άνοδος της στάθμης στην θάλασσα, συνεπώς και η κλίμακα των οικονομικών επιπτώσεων, είναι συνάρτηση των κοινωνικό-οικονομικών και των κλιματολογικών σεναρίων. Το οικονομικό αντίκτυπο είναι σαφώς υψηλότερο για τα σενάρια που αφορούν υψηλότερη άνοδο θερμοκρασίας και αύξηση του πληθυσμού.

Οι εκτιμήσεις του συνολικού κόστους των πλημμύρων για την Ελλάδα, για τα έτη 2020 και 2080 λαμβάνονται από τη μελέτη PESETA. Οι εκτιμήσεις αυτές προβάλλονται στο έτος 2050 με χρήση γραμμικής παρεμβολής (μεθοδολογία που ακολουθεί και η μελέτη PESETA).

Πίνακας 4.2-11: Οικονομική ζημία σε εκατομμύρια ευρώ κατ' έτος (αξίες 1995) λόγω των πλημμύρων στα παράκτια συστήματα

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Συνολικό Κόστος	Κόστος Πλημμύρων	Κόστος Μετοίκισης
+2,5°C	34,1cm	2020	4,70	4,70	0,00
		2080	19,60	19,60	0,00
+3,9°C	40,3cm	2020	4,50	4,50	0,00
		2080	226,90	22,50	204,40
+4,1°C	36,7cm	2020	4,70	4,70	0,00
		2080	21,60	20,90	0,70
+5,4°C	43,8cm	2020	4,50	4,50	0,00
		2080	448,90	23,50	425,40

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Πίνακας 4.2-12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα οικονομικών επιπτώσεων λόγω των πλημμύρων στα παράκτια συστήματα για την Ελλάδα το 2050(Εκ/ρια € / έτος, αξίες 1995)

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Συνολικό Κόστος	Κόστος Πλημμύρων	Κόστος Μετοίκισης
+2,5°C	34,1cm	12,15	12,15	0,00
+3,9°C	40,3cm	115,70	13,50	102,20
+4,1°C	36,7cm	13,15	12,80	0,35
+5,4°C	43,8cm	226,70	14,00	212,70

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Οι άμεσες οικονομικές συνέπειες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, τροφοδότησαν το οικονομικό μοντέλο γενικής ισορροπίας GEM-E3. Για τη εισαγωγή των αποτελεσμάτων στο μοντέλο GEM-E3 έγινε αναγωγή του κόστους από το 2080 στο έτος 2050 με χρήση παραβολικής σχέσης χρόνου-επιπτώσεων. Στην συνέχεια θεωρήθηκε πως το κόστος λόγω των πλημμύρων αντιστοιχεί σε απώλεια κεφαλαίου στο σύνολο της οικονομίας και επιμερίζεται ανά κλάδο ανάλογα με την συμμετοχή του κάθε

κλάδου στο συνολικό οικονομικό κεφάλαιο. Ακόμη, το κόστος μετοίκισης μεταφράστηκε ως αύξηση της υποχρεωτικής κατανάλωσης των νοικοκυριών (subsistence minima change) στους τομείς του υποδείγματος: i) συντήρησης και επισκευών του οικήματος, ii) επίπλωσης, εξοπλισμού του νοικοκυριού και καθημερινής συντήρησης του οικήματος και iii) υπηρεσιών μεταφορών. Η κατανάλωση αυτή θεωρείται πως δεν έχει κανένα όφελος στην ευημερία των νοικοκυριών, αντίθετα, οδηγεί σε μείωσή της, καθώς αναπαριστά έξοδα στα οποία αναγκάζονται να προβούν τα νοικοκυριά λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 4.2-13: Επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων στα παράκτια συστήματα, στην Ελλάδα, το 2050

		Νοικοκυριά: Αύξηση της υποχρεωτικής κατανάλωσης			Παραγωγικές δραστηριότητες
Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Επίπλωση, εξοπλισμός του νοικοκυριού και καθημερινή συντήρηση του οικήματος	Συντήρηση και επισκευή του οικήματος	Υπηρεσίες μεταφορών (λόγω μετανάστευσης)	Απώλεια κεφαλαιουχικού αποθέματος
+2,5°C	34,1cm	0,000%	0,000%	0,000%	0,016%
+3,9°C	40,3cm	0,210%	8,464%	0,105%	0,017%
+4,1°C	36,7cm	0,001%	0,029%	0,000%	0,016%
+5,4°C	43,8cm	0,436%	17,614%	0,218%	0,018%

4.2.4 Τουρισμός

Η Μεσογειακή λεκάνη αποτελεί τον πιο αγαπημένο παγκοσμίως τουριστικό προορισμό. Μέσα σε λιγότερο από 20 έτη, ο αριθμός των τουριστών που επισκέπτονται τη Μεσόγειο αναμένεται να αυξηθεί από 220 εκατομμύρια σε 350 εκατομμύρια. Το ένα τρίτο του παγκόσμιου εισοδήματος από τουριστικές εισπράξεις προέρχεται από τη Μεσόγειο. Αναπόσπαστο κομμάτι της τουριστικής ζήτησης στην Μεσόγειο αποτελεί φυσικά και η Ελλάδα, όπου η άμεση συμβολή του τουριστικού κλάδου στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ξεπερνάει το 7%. Το εν λόγω μερίδιο αναφέρεται στην άμεση επίπτωση του κλάδου των «Ξενοδοχείων - Εστιατορίων» και δεν αναφέρεται στην συνολική συνεισφορά του τουρισμού στο ΑΕΠ της χώρας. Δεν περιλαμβάνει δηλαδή τις υπόλοιπες τουριστικές δραστηριότητες, ούτε τις έμμεσες επιπτώσεις που έχει η συνολική τουριστική δραστηριότητα στην υπόλοιπη οικονομία. Με βάση την αναλογία της άμεσης προς την συνολική επίδραση του τουρισμού στο ΑΕΠ, που προκύπτει από τα στοιχεία του WTTC (περίπου στο 2,25), μπορούμε να κάνουμε την εκτίμηση ότι η συμβολή της τουριστικής οικονομίας στο ΑΕΠ για το 2005 ήταν σχεδόν 17,5%.

Η επερχόμενη κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει την ζήτηση για τουριστικές υπηρεσίες στην Ελλάδα, όχι μόνο λόγω της διαφαινόμενης μεταβολής των κλιματολογικών συνθηκών στην χώρα μας. Ο τουρισμός αποτελεί αγαθό πολυτελείας συνεπώς είναι σε άμεση συνάρτηση με το βιοτικό επίπεδο το οποίο και αναμένεται να μεταβληθεί ποικιλοτρόπως σε παγκόσμια κλίμακα. Ακόμη, η τουριστική ζήτηση εξαρτάται και από τις τουριστικές υποδομές της χώρας υποδοχής οι οποίες με την σειρά τους είναι πιθανόν να υποβαθμιστούν λόγω της κλιματικής αλλαγής(βλ. σχετικό κεφάλαιο για τις παράκτιες περιοχές). Κάτω από αυτό το πρίσμα λοιπόν, σκόπιμη κρίνεται η μελέτη των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος στον τουρισμό και η αποτύπωσή τους στην ελληνική οικονομία.

Φυσικές συνέπειες

Ως φυσική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό θεωρείται η μεταβολή στον κλιματικό δείκτη τουρισμού TCI (Mieczkoswki 1985). Ο δείκτης TCI αποτυπώνει την ανθρώπινη άνεση κατά την εκτέλεση δραστηριοτήτων σε ανοικτό χώρο και υπολογίζεται με βάση την μέγιστη και μέση ημερήσια θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, ηλιοφάνεια και άνεμο.

Πίνακας 4.2-14: Σύστημα αξιολόγησης του δείκτη TCI

Αριθμητική τιμή του δείκτη	Επίπεδο καταλληλότητας για τουριστικές δραστηριότητες
90-100	Ιδανικό
80-89	Εξαιρετικό
70-79	Πολύ καλό
60-69	Καλό
50-59	Αποδεκτό

40-49	Οριακό
30-39	Δυσμενές
20-29	Πολύ δυσμενές
10-19	Εξαιρετικά δυσμενές
Κάτω από 9	Αδύνατο

Πηγή: Mieczkoswki 1985

Παρακάτω αποτυπώνεται η μεταβολή του κλιματικού δείκτη τουρισμού από το 1970 έως το 2020 και από το 1970 έως το 2080 για τα διαφορετικά κλιματικά σενάρια, όπως παρουσιάζονται στην μελέτη PESETA.

Πίνακας 4.2-15: Μεταβολή του δείκτη TCI σύμφωνα με την μελέτη PESETA για την Ελλάδα

Εποχή	1970	2020	2080(2.5° C)	2080(3.9° C)
Άνοιξη	Καλό – Πολύ καλό	Πολύ καλό – Εξαιρετικό	Πολύ καλό - Εξαιρετικό	Εξαιρετικό - Ιδανικό
Καλοκαίρι	Εξαιρετικό - Ιδανικό	Πολύ καλό – Εξαιρετικό	Αποδεκτό - Καλό	Οριακό - Καλό
Φθινόπωρο	Καλό – Πολύ καλό	Πολύ καλό – Εξαιρετικό	Πολύ καλό - Εξαιρετικό	Πολύ καλό - Εξαιρετικό

Πηγή: PESETA (2009)

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαπιστώνουμε πως όσον αφορά την μεταβολή του κλιματικού δείκτη τουρισμού από το 1970 έως το 2020, η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον TCI είναι ακόμη σχετικά ήπια, όμως ήδη αποτυπώνονται κάποιες πρώτες τάσεις. Στην Ελλάδα, για το φθινόπωρο και την άνοιξη παρατηρείται κάποια μικρή βελτίωση των τουριστικών συνθηκών, σε αντίθεση με το καλοκαίρι όπου έχουμε χειροτέρευση του επιπέδου καταλληλότητας για τουριστικές δραστηριότητες κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Σε μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα καθίστανται πλέον σαφείς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις τουριστικές συνθήκες στην Ελλάδα ενώ τα αποτελέσματα αποτυπώνονται πιο καθαρά στα περισσότερα ακραία κλιματικά σενάρια. Για το καλοκαίρι οι συνθήκες χειροτερεύουν σε μεγάλο βαθμό και από ιδανικές φτάνουν να είναι μέχρι και οριακές ενώ αντίθετες είναι οι επιπτώσεις όσον αφορά το φθινόπωρο και την άνοιξη όπου οι κλιματικές συνθήκες για τον τουρισμό γίνονται εξαιρετικές. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως οδηγούμαστε σε επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου, με την μεγαλύτερη ζήτηση για τουριστικές υπηρεσίες να παρουσιάζεται όχι το καλοκαίρι αλλά την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Οικονομικές Επιπτώσεις

Από την μελέτη PESETA λήφθηκαν εκτιμήσεις που αφορούν την μείωση των τουριστικών εσόδων για τις χώρες της Νότιας Ευρώπης για το έτος 2080. Οι εκτιμήσεις αυτές, καθώς και όλα τα υπόλοιπα μεγέθη που μελετώνται αφορούν τον εισερχόμενο τουρισμό.

Με στόχο να αποτυπωθεί το πλήρες εύρος της αναμενόμενης μεταβολής των τουριστικών μεγεθών, αλλά και λόγω της αβεβαιότητας που υπάρχει όσον αφορά την δομή αλλά και τον τρόπο λειτουργίας της τουριστικής αγοράς σε μακροχρόνιο ορίζοντα έχουν μελετηθεί τρία διαφορετικά σενάρια για την εξέλιξη του τουρισμού. Οι βασικές μεταβλητές που εξετάζονται είναι η συνολική τουριστική ζήτηση στην Ευρώπη και η εποχική (ανά μήνα) ζήτηση. Στην πρώτη περίπτωση τόσο η συνολική ευρωπαϊκή ζήτηση όσο και η μηνιαία θεωρείται πως μπορούν να μεταβληθούν. Στην δεύτερη περίπτωση θεωρείται πως μόνο η εποχική ζήτηση είναι μεταβλητή, ενώ ο συνολικός αριθμός τουριστών στην Ευρώπη παραμένει σταθερός. Τέλος, στην τελευταία περίπτωση που εξετάζεται θεωρείται πως και οι δύο μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Έτσι όσον αφορά την λειτουργία της τουριστικής αγοράς έχουμε τις ακόλουθες εξής περιπτώσεις – σενάρια:

- 1) Μεταβλητή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση.
- 2) Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή ζήτηση και μεταβλητή μηνιαία ζήτηση.
- 3) Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση.

Πίνακας 4.2-16: Ετήσιες μεταβολές στα τουριστικά έσοδα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την Νότια Ευρώπη το 2080

Σενάρια	Μεταβολή της θερμοκρασίας	Μείωση στα τουριστικά έσοδα (εκ/ρια €, 2005)
Μεταβλητή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	824
	+3,9° C	995
	+4,1° C	3080
	+5,4° C	5398
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή ζήτηση και μεταβλητή μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	1715
	+3,9° C	2544
	+4,1° C	8997
	+5,4° C	11937
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	1789
	+3,9° C	2599
	+4,1° C	9459

+5,4° C

12853

Πηγή: PESETA (2009)

Οι αντίστοιχες οικονομικές ζημιές στον τουρισμό για την Ελλάδα το έτος 2080 υπολογίζονται με βάση τα τουριστικά έσοδα της Ελλάδας σε σχέση με αυτά της Νότιας Ευρώπης, για το 2005. Στην συνέχεια ανάγονται στο έτος 2050 υποθέτοντας παραβολική σχέση μεταξύ χρόνου και συνεπειών.

Πίνακας 4.2-17: Ετήσιες μεταβολές στα τουριστικά έσοδα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την Ελλάδα το 2080

Σενάρια	Μεταβολή της θερμοκρασίας	Μείωση στα τουριστικά έσοδα (εκ/ρια €, 2005)
Μεταβλητή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	57
	+3,9° C	69
	+4,1° C	214
	+5,4° C	376
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή ζήτηση και μεταβλητή μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	119
	+3,9° C	177
	+4,1° C	626
	+5,4° C	831
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	125
	+3,9° C	181
	+4,1° C	659
	+5,4° C	895

Πίνακας 4.2-18: Ετήσιες ποσοστιαίες μεταβολές στα τουριστικά έσοδα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την Ελλάδα, το 2050

Σενάρια	Μεταβολή της θερμοκρασίας	Ποσοστιαία μείωση στα τουριστικά έσοδα
Μεταβλητή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	0,535%
	+3,9° C	0,646%
	+4,1° C	1,999%
	+5,4° C	3,503%
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή ζήτηση και μεταβλητή μηνιαία ζήτηση	+2,5° C	1,113%
	+3,9° C	1,651%
	+4,1° C	5,838%
	+5,4° C	7,746%

	+2,5° C	1,161%
Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση	+3,9° C	1,687%
	+4,1° C	6,138%
	+5,4° C	8,341%

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Ο πίνακας εισροών εκροών δεν παρουσιάζει σαν ξεχωριστή κατηγορία τον τουρισμό. Ως εκ τούτου θεωρήθηκε ότι οι τουριστικές δαπάνες περιλαμβάνονται στον πίνακα τελικής κατανάλωσης των νοικοκυριών. Επομένως χρειάστηκε να δημιουργηθεί μια νέα κατηγορία για τις δαπάνες των ξένων τουριστών, ώστε να μελετηθούν οι μεταβολές στον τουρισμό λόγω της κλιματικής αλλαγής και οι οικονομικές επιπτώσεις αυτής. Έτσι, με στόχο την εισαγωγή των άμεσων οικονομικών συνεπειών στο GEM-E3 οι τουριστικές δαπάνες διαχωρίζονται από την τελική κατανάλωση των νοικοκυριών στον πίνακα κοινωνικής λογιστικής και κατηγοριοποιούνται ξεχωριστά, ως εξαγωγές λόγω τουριστικής ζήτησης.

Ο καταμερισμός των τουριστικών δαπανών έγινε με βάση σχετική μελέτη του Σ.Ε.Τ.Ε. (Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων) η οποία αναφέρει:

Πίνακας 4.2-19: Κατανομή της τουριστικής δαπάνης σύμφωνα με μελέτη του Σ.Ε.Τ.Ε.

Κατηγορίες Δαπάνης	%
-Υπηρεσίες Ύπνου	30%
-Υπηρεσίες αναψυχής και μεταφορών εσωτερικού	20%
-Τρόφιμα-Ποτά	30%
-Αγορές λοιπών υλικών αγαθών	10%
-Λοιπές Υπηρεσίες	10%

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, έγινε καταμερισμός των τουριστικών δαπανών στους τομείς του πίνακα εισροών-εκροών ως εξής:

Πίνακας 4.2-20: Κατανομή της τουριστικής δαπάνης σε κατηγορίες του υποδείγματος

Υπηρεσίες	Μερίδιο
Ξενοδοχείων και εστιατορίων	75,0%
Χερσαίων μεταφορών	3,7%
Θαλάσσιων και παράκτιων μεταφορών	0,3%
Εναέριων μεταφορών	0,6%
Βοηθητικές υπηρεσίες μεταφορών, ταξιδιωτικών γραφείων	1,0%

Ταχυδρομείων και τηλεπικοινωνιών	0,8%
Ψυχαγωγίας, πολιτισμού και αθλητισμού	1,3%
Σύνολο τουριστικών υπηρεσιών	82,6%
Σύνολο λοιπών υπηρεσιών	17,4%
Σύνολο	100%

Σύμφωνα με τον ΣΕΤΕ τα συνολικά έσοδα από τον τουρισμό το έτος 2005 ανήλθαν σε 10.729.000.000€. Επομένως, οι δαπάνες που προκύπτουν ανά τομέα είναι:

Πίνακας 4.2-21: Τουριστική δαπάνη ανά τομέα του υποδείγματος,(εκ/ρια €,2005)

Υπηρεσίες	Τουριστική Δαπάνη
Ξενοδοχείων και εστιατορίων	8046,34
Χερσαίων μεταφορών	395,44
Θαλάσσιων και παράκτιων μεταφορών	29,22
Εναέριων μεταφορών	65,36
Βοηθητικές υπηρεσίες μεταφορών, ταξιδιωτικών γραφείων	106,47
Ταχυδρομείων και τηλεπικοινωνιών	84,67
Ψυχαγωγίας, πολιτισμού και αθλητισμού	138,71
Σύνολο τουριστικών υπηρεσιών	8866,20
Σύνολο λοιπών υπηρεσιών	1862,80
Σύνολο	1072900

4.2.5 Υγεία

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) ορίζει την υγεία ως «μια κατάσταση πλήρους φυσικής, νοητικής και κοινωνικής ευεξίας, και όχι μόνο την απουσία ασθένειας ή αναπηρίας» (WHO Constitution of the World Health Organisation 1946).

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, είτε αυτή προέρχεται από τοξική μόλυνση, είτε από κάποια άλλη μορφή διαταραχής του οικοσυστήματος, οδηγεί σε υποβάθμιση και της ανθρώπινης υγείας. Επομένως, η υγεία πρέπει να θεωρείται ένα πολύ σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης των επιπτώσεων της παρεμβολής των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον και το κλίμα (Balbus, et al. 1998).

Φυσικές συνέπειες

Η ερευνητική δραστηριότητα αναφορικά με την υγεία, επικεντρώνεται στην ανάλυση της βιοχημικής λειτουργίας των παθήσεων και των αντίστοιχων φαρμάκων. Τα τελευταία χρόνια, με αφορμή την απειλή της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών που θα έχει και στην υγεία, όλο και περισσότερες μελέτες στρέφονται στην αποτύπωση της σχέσης «ανθρώπινη υγεία-υγεία των οικοσυστημάτων».

Οι μελέτες αυτές επισημαίνουν κυρίως τους κινδύνους στην υγεία από τις μεταβολές στην θερμοκρασία, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, τις αλλαγές στην διαθεσιμότητα και την ποιότητα του νερού, και την αλλαγή των περιοχών ευδοκίμησης ορισμένων μεταδοτικών ασθενειών. Συγκεκριμένα, από την κλιματική αλλαγή, μπορούμε να αναμένουμε τα εξής:

- Αύξηση των κρουσμάτων ασθενειών και των θανάτων που οφείλονται σε κύματα καύσωνα.
- Μεταβολή στην θνησιμότητα που οφείλεται σε ακραίες θερμοκρασίες (υψηλές ή χαμηλές).
- Διάδοση ασθενειών που μεταδίδονται με την τροφή (σαλμονέλα), το νερό και άλλους φορείς (vector borne diseases, μαλάρια), λόγω της αλλαγής της θερμοκρασίας (και συνεπώς των περιοχών ευδοκίμησής τους) καθώς και της ποιότητας του νερού⁸ και των τροφίμων. Οι ασθένειες αυτές, αναμένεται να πλήξουν εντονότερα περιοχές στις οποίες ήδη η διαθεσιμότητα νερού και τροφής, καθώς και οι συνθήκες υγιεινής είναι σε χαμηλά επίπεδα.
- Αύξηση των κρουσμάτων αναπνευστικών προβλημάτων λόγω υψηλών συγκεντρώσεων όζοντος στο επίπεδο του εδάφους, καθώς και άλλων παραγόντων, όπως οι αλλαγές στην ποσότητα της γύρης στην ατμόσφαιρα.

Η μελέτη PESETA παρουσιάζει εκτιμήσεις για την μεταβολή της θνησιμότητας που οφείλεται στις ακραίες θερμοκρασίες (υψηλές ή χαμηλές) και τα κρούσματα σαλμονέλας. Ακόμη δίνει μια εκτίμηση των κρουσμάτων κατάθλιψης λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2-22) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης της θνησιμότητας λόγω ακραίων θερμοκρασιών για την Νότια Ευρώπη:

⁸ Αναφορά στις αλλαγές στην ποιότητα νερού γίνεται στο κεφάλαιο Διαθεσιμότητα Νερού, σελίδα 84.

Πίνακας 4.2-22: Μεταβολή στην θνησιμότητα λόγω ακραίων θερμοκρασιών, σε άτομα ανά 100 000, για την Νότια Ευρώπη

Μεταβολή στην θερμοκρασία	+2,5°C	+3,9°C	+4,1°C	+5,4°C
Θνησιμότητα λόγω υψηλών θερμοκρασιών (ανά 100000 άτομα)	11	18	18	28
Θνησιμότητα λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (ανά 100000 άτομα)	-28	-52	-49	-24

Πηγή: PESETA (2009)

Οι πληθυσμοί διαφορετικών πόλεων, εμφανίζουν διαφορετικά επίπεδα ανοχής στην θερμοκρασία (Bettina Menne and Franziska Matthies, 2009). Ο Vaccini (2008), αναφέρει συγκεκριμένα για τους κατοίκους της Αθήνας τους 32,7°C ως μια οριακή θερμοκρασία πέρα από την οποία αύξηση κατά 1°C στην φαινόμενη θερμοκρασία επιφέρει ποσοστιαία αύξηση των φυσικών θανάτων περίπου 5%.

Οικονομικές Επιπτώσεις

Οι οικονομικές επιπτώσεις από τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία, αντιπροσωπεύονται κυρίως από τις δαπάνες του συστήματος υγείας, από την μείωση της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού και τις επιπτώσεις στον τομέα των ασφαλιστικών εισφορών. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής οικονομικές επιπτώσεις :

1. Η μεταβολή στην θνησιμότητα λόγω των ακραίων θερμοκρασιών θα προκαλέσει απώλειες εργατικού δυναμικού και μεταβολές στις εισφορές του ασφαλιστικού τομέα. Να σημειωθεί ότι, ο πληθυσμός που είναι περισσότερο ευάλωτος στις ακραίες θερμοκρασίες, κατά ένα μεγάλο μέρος δεν ανήκει στο εργατικό δυναμικό. Επομένως, μπορούμε να θεωρήσουμε τις απώλειες του εργατικού δυναμικού αμελητέες για την οικονομία. Οι ακραίες θερμοκρασίες θα επηρεάσουν και με άλλους τρόπους το εργατικό δυναμικό, όπως θα περιγραφεί στην συνέχεια.
2. Η έξαρση των ασθενειών και οι αυξημένες ανάγκες περίθαλψης θα επιβαρύνουν με επιπλέον δαπάνες το σύστημα υγείας. Για την εκτίμηση των δαπανών αυτών, η μελέτη Garnaut (2008) προτείνει την χρήση ενός σταθερού κόστους ανά περίπτωση (ασθενή) για κάθε ασθένεια. Το κόστος αυτό, σε συνδυασμό με μια εκτίμηση του πάσχοντος πληθυσμού, θα δώσει μια εικόνα του συνολικού αναμενόμενου κόστους για το σύστημα υγείας. Το κόστος αυτό δεν έχει μελετηθεί στην παρούσα εργασία.
3. Οι ασθένειες θα πλήξουν το εργατικό δυναμικό, και θα αυξήσουν τις μέρες απουσίας από τον χώρο εργασίας. Συνεπώς, η παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού θα μειωθεί. Η μείωση αυτή αφορά όλους τους τομείς των παραγωγικών δραστηριοτήτων. Στην παρούσα εργασία δεν έχει μελετηθεί η επίπτωση των ασθενειών στην παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού.

4. Η παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού θα επηρεαστεί και από τις ακραίες υψηλές θερμοκρασίες.⁹

Ελλείψει δεδομένων, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται εκτιμήσεις μόνο για την τελευταία περίπτωση.

Η μελέτη Garnaut (2008) προτείνει συγκεκριμένη μεθοδολογία για την εκτίμηση της μείωσης της παραγωγικότητας λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Σύμφωνα με την μελέτη, θεωρείται ότι οι επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των εργατών θα γίνουν αισθητές στους τομείς

- i. των κατασκευών, στο 70% των εργατών
- ii. των ορυχείων, στο 10% των εργατών
- iii. της γεωργίας, στο 40% των εργατών
- iv. της βιοτεχνίας, στο 20% των εργατών.

Γίνεται ακόμα η παραδοχή ότι ένας εργάτης υφίσταται μείωση της παραγωγικότητάς του κατά 15% τις μέρες με θερμοκρασία μεγαλύτερη από τους 32°C και κατά 30% για θερμοκρασία μεγαλύτερη των 35°C.

Στην παρούσα εργασία, ακολουθήθηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία για την εκτίμηση της μείωσης της παραγωγικότητας των εργατών υπό ακραίες υψηλές θερμοκρασίες, σε περίπτωση μέσης αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώθηκαν από διαφορετικές πηγές και μελέτες.

Για την εκτίμηση των συνολικών ημερών κατ' έτος με θερμοκρασίες ανώτερες των οριακών που αναφέρει η μελέτη Garnaut (2008), χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την εποχιακή αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην περιοχή της Μεσογείου, (Giannakopoulos, και συν. 2009)¹⁰:

Πίνακας 4.2-23: Μεταβολές θερμοκρασίας στη Μεσόγειο από άνοδο 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο

Εποχή	Θερμοκρασία
Χειμώνας	+1,5°C
Άνοιξη	+1,5°C
Καλοκαίρι	+3,5°C
Φθινόπωρο	+2°C

Οι μεταβολές αυτές προστέθηκαν σε δεδομένα για την σημερινή μέση θερμοκρασία σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος (δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Η μέγιστη μέση αναμενόμενη θερμοκρασία εμφανίζεται ανώτερη των οριακών τιμών μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες:

⁹ Οι ηπιότερες χαμηλές θερμοκρασίες δεν θεωρούμε ότι θα βελτιώσουν την παραγωγικότητα καθώς ήδη οι χειμώνες της Ελλάδας είναι αρκετά ήπιοι.

¹⁰ Να σημειωθεί ότι η μελέτη του Γιαννακόπουλου (Giannakopoulos, και συν. 2009) αναφέρεται σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Ωστόσο, τα αποτελέσματά του για την εποχιακή αύξηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία σε σχέση με το 2005.

Πίνακας 4.2-24: Εκτιμώμενη μέγιστη μέση θερμοκρασία σε επιλεγμένες περιοχές της Ελλάδος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε περίπτωση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο

Μέγιστη μέση θερμοκρασία (°C)	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Κατανομή πληθυσμού
Αθήνα	33,5	36,5	36,5	34%
Νησιωτική Ελλάδα (αντιπροσωπευτική η περιοχή της Νάξου)	29,5	30,5	31,5	10%
Θεσσαλονίκη	32,5	35,5	35,5	10%
Υπόλοιπη Ελλάδα (αντιπροσωπευτική η περιοχή Τρικάλων)	34,5	38,5	37,5	46%

Έγινε η παραδοχή ότι τον μήνα Αύγουστο οι εργάσιμες ημέρες θα είναι 15 ενώ τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο 24. Με βάση τις παραπάνω εκτιμήσεις, προκύπτει ότι:

- 8% των εργάσιμων ημερών του έτους η μέση μέγιστη θερμοκρασία θα ξεπεράσει τους 32°C (μείωση της παραγωγικότητας κατά 15%) σε περιοχές της Ελλάδος που αντιπροσωπεύουν το 90% του πληθυσμού.
- 12% των εργάσιμων ημερών του έτους η μέση μέγιστη θερμοκρασία θα ξεπεράσει τους 35°C (μείωση της παραγωγικότητας κατά 30%) σε περιοχές της Ελλάδος που αντιπροσωπεύουν το 90% του πληθυσμού.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε σε συνολική μείωση της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού κατά 4,4%. Η μείωση αυτή θα γίνει αισθητή, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στους τομείς των κατασκευών, της γεωργίας, των ορυχείων και την βιοτεχνίας, στο ποσοστό του εργατικού δυναμικού τους που αναφέρει η μελέτη Garnaut. Τελικά, η εκτιμώμενη μείωση της παραγωγικότητας ανά τομέα φαίνεται στον Πίνακα 4.2-25:

Πίνακας 4.2-25: Μείωση της παραγωγικότητας των εργατών στην Ελλάδα, στους παραγωγικούς τομείς που αναφέρονται, για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο, ακολουθώντας την μεθοδολογία της μελέτης Garnaut

Τομείς	Μείωση της παραγωγικότητας
Κατασκευές	3,1%
Γεωργία	1,8%
Ορυχεία	0,4%
Βιοτεχνία	1%

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.2-26) περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο εισάγονται στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3 οι οικονομικές επιπτώσεις των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην υγεία:

Πίνακας 4.2-26: Εισαγωγή των οικονομικών επιπτώσεων των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην υγεία στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3

Οικονομικές επιπτώσεις των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην υγεία	Εισαγωγή των αποτελεσμάτων στο υπόδειγμα
Μεταβολή στις ασφαλιστικές εισφορές λόγω της μεταβολής στην θνησιμότητα από ακραίες θερμοκρασίες.	Το υπόδειγμα περιλαμβάνει μόνο τον ενεργό πληθυσμό και επομένως δεν μπορεί να μελετηθεί η μεταβολή στις ασφαλιστικές εισφορές.
Δαπάνες του συστήματος υγείας λόγω της έξαρσης ασθενειών.	Οι δαπάνες του συστήματος υγείας θα επιβαρύνουν το κράτος. Εισάγονται στο υπόδειγμα σαν υποχρεωτική κατανάλωση του κράτους στον τομέα της υγείας.
Επιδράσεις των ασθενειών στην παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού.	Απευθείας εισαγωγή στο μοντέλο της μείωσης της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού. Η μείωση αυτή, αφορά το εργατικό δυναμικό όλων των παραγωγικών δραστηριοτήτων, και θεωρείται ότι θα διαμοιραστεί ισομερώς σε αυτές (Garnaut Climate Change Review 2008).
Επιδράσεις των ακραίων θερμοκρασιών στην παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού.	Απευθείας εισαγωγή στο μοντέλο της μείωσης της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού των τομέων των κατασκευών, της γεωργίας, της βιοτεχνίας και των ορυχείων.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, δεν γίνεται μελέτη για τις δαπάνες του κράτους στον τομέα της υγείας, όπως επίσης και για την μείωση της παραγωγικότητας ή της διαθεσιμότητας εργατών λόγω των ασθενειών. Μελετάται μόνο η επίδραση που θα έχουν οι ακραίες υψηλές θερμοκρασίες, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.2-25.

4.2.6 Δασικές Πυρκαγιές

Φυσικές Συνέπειες

Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών σχετίζεται άμεσα με τις κλιματικές συνθήκες, καθώς παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία σε παράγοντες όπως βροχόπτωση η θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα των ανέμων. Επιπλέον, πέρα από τις μεταβολές στις μέσες τιμές των προαναφερθέντων μεγεθών ιδιαίτερη σημασία έχει και συχνότητα εμφάνισης ακραίων κλιματολογικών συνθηκών όπως τα κύματα καύσωνα και οι περίοδοι ξηρασίας. Η περιοχή της Μεσογείου αναμένεται να βιώσει όλο και θερμότερα και ξηρότερα καλοκαίρια, όσο προχωράμε προς το τέλος του αιώνα, με συνέπεια την αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών.

Συγκεκριμένα για την Ελλάδα σε σύγκριση με την περίοδο 1991-1990, αναμένεται (Giannakopoulos, Foundas and Zerefos 2007):

- Αύξηση της ετήσιας μέγιστης θερμοκρασίας κατά 1,5-2°C για την περίοδο 2021-2050 και 3,5-5°C για την περίοδο 2071-2100.
- Αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας την περίοδο του καλοκαιριού κατά 1,8-2,2°C για την περίοδο 2021-2050 και 4-6°C για την περίοδο 2071-2100.
- Για την περίοδο 2021-2050, επιπλέον 25 ημέρες τον χρόνο σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μεγαλύτερη από 35°C.
- Για την περίοδο 2071-2100, επιπλέον 60 ημέρες τον χρόνο σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μεγαλύτερη από 35°C.
- Επιμήκυνση της περιόδου ξηρασίας (περίοδος με βροχόπτωση μικρότερη του 1mm) περίπου κατά 25% για την περίοδο 2021-2050 και έως και 50% για την περίοδο 2071-2100.

Η σχέση των δασικών πυρκαγιών με την κλιματική αλλαγή δεν περιορίζεται στα παραπάνω. Καθώς τα δάση είναι τεράστιες αποθηκευτικές δεξαμενές άνθρακα, όταν καίγονται, μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Έτσι δημιουργείται ένας «φαύλος κύκλος» με την κλιματική αλλαγή να συντελεί στην αύξηση του αριθμού και της έντασης των δασικών πυρκαγιών οι οποίες με την σειρά τους τροφοδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πίνακας 4.2-27: Εκπομπές ρύπων από δασικές πυρκαγιές τον Ιούλιο του 2000 στην Ελλάδα

	Ρύπος	Εκπομπές (τόνοι)
	CO ₂	2,201836
Ενώσεις άνθρακα	CO	157,789
	CH ₄	10,820

	NMHCs	14,178
	Συνολική μάζα C	676,240
Ενώσεις αζώτου	NO ₂	5,410
	NH ₃	1,217
	N ₂ O	270
	Συνολική μάζα N	6,762
Ενώσεις θείου	SO ₂	1,082
Σωματίδια	TSP	12,733
	PM ₁₀	11,496

Πηγή: Contribution of forest fire emissions to atmospheric pollution in Greece, 2008

Για την εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών χρησιμοποιείται ο δείκτης FWI (Fire Weather Index), ο οποίος δημιουργήθηκε για τα δάση του Καναδά, όμως όπως αποκαλύπτουν αρκετές μελέτες είναι κατάλληλος για την αξιολόγηση των δασικών πυρκαγιών και στην περιοχή της Μεσογείου. Ο FWI αναπαριστά αριθμητικά την ένταση μιας δασικής πυρκαγιάς, ενώ για τον υπολογισμό του απαραίτητες κλιματολογικές μεταβλητές είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο άνεμος και η βροχόπτωση. Για την Αττική, οριακή τιμή του δείκτη θεωρείται το 15, τιμή κάτω από την οποία θεωρείται χαμηλός ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Η σχετική μελέτη (Giannakopoulos, Foundas, Zerefos 2007) αναφέρει:

- Για την Αττική, ο FWI έχει τιμή πάντα πάνω από 20 κατά την περίοδο 2021-2050 που αντιστοιχεί σε μέτριο προς υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς, ενώ για την περίοδο αναφοράς 1961-1990 είχε τιμή μεταξύ 15 και 20 που αντιστοιχεί σε μέτριο κίνδυνο. Τα αποτελέσματα αναμένονται χειρότερα για την περίοδο 2071-1200.
- Κατά την περίοδο 2021-2050 ο αριθμός των ημερών με πολύ υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς αυξάνει κατά 20 ημέρες σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, ενώ την περίοδο 2171-2100 προβλέπονται 1-2 μήνες επιπλέον με πολύ υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Οικονομικές επιπτώσεις

Το καλοκαίρι του 2007 η Ελλάδα βίωσε πρωτόγνωρης έντασης δασικές πυρκαγιές με το συνολικό κόστος για την ελληνική οικονομία να αποτιμάται περί τα 1,5-3 δισ. €, ποσό που αντιστοιχεί στο 0,7-1,4% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, ενώ κάηκαν περισσότερα από 225 χιλιάδες εκτάρια (ha) γης. Άξιες αναφοράς είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν στην χώρα εκείνη την περίοδο. Το καλοκαίρι του 2007 ήταν το θερμότερο καταγεγραμμένο όσον αφορά τόσο μέσες θερμοκρασίες όσο και απόλυτες τιμές.

Διαδοχικά κύματα καύσωνα είχαν ως αποτέλεσμα θερμοκρασίες αέρα που ξεπερνούσαν τους 40°C κάτι που σε συνδυασμό με έντονη ξηρασία και ανομβρία οδήγησαν στην δημιουργία ιδανικών συνθηκών για το ξεκίνημα και την εξάπλωση δασικών πυρκαγιών.

Αναλογιζόμενοι τις κλιματικές συνθήκες που προβλέπονται για την χώρα μας στο μέλλον και κάνοντας την σύγκριση με αυτές του 2007, παρατηρούμε αρκετές ομοιότητες. Παράλληλα οι τιμές του δείκτη FWI για το καλοκαίρι 2007 προσεγγίζουν αρκετά τις αντίστοιχες για την περίοδο 2071-2100. Έτσι μπορούμε να ισχυριστούμε πως ενώ τώρα το καλοκαίρι του 2007 αποτελεί την εξαίρεση όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες και τις καταστροφές λόγω δασικών πυρκαγιών είναι αρκετά πιθανόν να αντικατοπτρίζει ένα μέσο καλοκαίρι την περίοδο 2071-2100. Αυτό δηλαδή που φαντάζει τώρα ακραίο να είναι φυσιολογικό προς το τέλος του αιώνα.

Με αυτή την παραδοχή το προβλεπόμενο κόστος ανά έτος λόγω των δασικών πυρκαγιών στην χώρα μας το 2100 εκτιμάται πώς θα είναι περί τα 3 δισ. €. Το 2005 που είναι το έτος βάσης στην παρούσα μελέτη το κόστος των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα ήταν περίπου ίσο με 600 εκ/ρια €. Το κόστος αυτό προκύπτει από την συνολική έκταση της γης που κάηκε το 2005 και ήταν ίση με 44703 ha γης (EFFIS, 2006) και την αναλογία οικονομικού κόστους-καμένης γης που προκύπτει από στοιχεία για τις πυρκαγιές του 2007 και είναι ίση με 13290 €/ha. Στην συνέχεια υποθέτοντας παραβολική σχέση μεταξύ χρόνου και συνεπειών το κόστος των δασικών πυρκαγιών για την Ελλάδα ανάγεται στο έτος 2050. Όλα τα παραπάνω κόστη αναφέρονται στο κλιματικό σενάριο που αναφέρθηκε παραπάνω και αφορά αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας την περίοδο του καλοκαιριού κατά 1,8-2,2°C για την περίοδο 2021-2050 και 4-6°C για την περίοδο 2071-2100 με παράλληλη επιμήκυνση της περιόδου ξηρασίας περίπου κατά 25% για την περίοδο 2021-2050 και έως 50% για την περίοδο 2071-2100.

Πίνακας 4.2-28: Πρόσθετο κόστος λόγω δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα, σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (εκ/ρια € αξίες 2005)

Έτος	Αύξηση μέγιστης θερμοκρασίας καλοκαιριού	Πρόσθετο κόστος(εκ €'05)
2050	1,8-2,2°C	2406
2100	4-6°C	1126

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Με στόχο την εισαγωγή των άνοθι οικονομικών αποτελεσμάτων στο μοντέλο γενικής ισορροπίας GEM-E3 και την αποτύπωση των συνεπειών των δασικών πυρκαγιών στην ελληνική οικονομία ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία. Αρχικά έγινε η παραδοχή πως το οικονομικό κόστος των δασικών πυρκαγιών θα επιβαρύνει τον κρατικό προϋπολογισμό και θα καλυφθεί με κυβερνητικές δαπάνες σε ποσοστό 30%, ενώ το υπολοιπό 70% αφορά ζημιές στο σύνολο της υπόλοιπης οικονομίας και στα

νοικοκυριά. Η αναλογία αυτή, θεωρείται αρκετά ρεαλιστική μιας και είναι αντίστοιχη με την αναλογία μεταξύ συνολικού κόστους και κρατικών δαπανών που προκύπτει από τις δασικές πυρκαγιές του 2007.

Πίνακας 4.2-29: Συνέπειες λόγω των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα το 2050, όπως αυτές εισάγονται στο μοντέλο Gem-E3. (Εκ/ρια €, άξιες 2005)

Κρατικές Δαπάνες	Αύξηση κρατικής δαπάνης στον τομέα: κατασκευές (εκ/ρια €)	176,225
	Αύξηση κρατικής δαπάνης στον τομέα: Δασοκομία, υλοτομία και συναφείς υπηρεσίες (εκ/ρια €)	50,272
	Αύξηση κρατικής επιδότησης στα νοικοκυριά	8,66%
Νοικοκυριά	Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Συντήρηση και επισκευή του οικήματος	0,74%
	Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Συντήρηση και επισκευή του οικήματος	13,54%
Υπόλοιπη Οικονομία	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος στο σύνολο της οικονομίας	0,07%
	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος στον αγροτικό τομέα	5,64%

4.2.7 Διαθεσιμότητα Νερού

Η ιδιαίτερη ευαισθησία της Ελλάδας στην ξηρασία, καθιστά το υδρολογικό της σύστημα ευπαθές στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η έλλειψη νερού θα είναι ίσως από τους πιο επιβλαβείς παράγοντες της κλιματικής αλλαγής για την χώρα μας καθώς οι συνέπειες της γίνονται αισθητές σε μεγάλο εύρος της οικονομίας.

Φυσικές Συνέπειες

Η αύξηση της θερμοκρασίας επιδρά σε όλα τα στάδια του κύκλου του νερού. Στις παρατηρούμενες αλλαγές περιλαμβάνονται ((Eds.) Karl, Melillo and Peterson 2009):

- Αλλαγές στην ένταση και την συχνότητα των βροχοπτώσεων
- Αλλαγές στις περιόδους ξηρασίας
- Πρόωρο λιώσιμο των χιονιών και των πάγων
- Αυξημένα επίπεδα υγρασίας στην ατμόσφαιρα
- Αυξημένα επίπεδα εξάτμισης του νερού
- Αύξηση στην θερμοκρασία του νερού
- Αλλαγές στην υγρασία του εδάφους και την δυνατότητα συγκράτησης του νερού

Οι παραπάνω μεταβολές στον κύκλο του νερού συνοψίζονται σε μείωση των βροχοπτώσεων και αύξηση της ξηρασίας. Οι βροχοπτώσεις αναμένεται να εμφανίζονται με λιγότερη συχνότητα, γεγονός που, σε συνδυασμό με την αυξημένη θερμοκρασία, στερεί την δυνατότητα από το έδαφος να απορροφήσει την υγρασία. Ακόμη, οι λεκάνες νερού (λίμνες και άλλες αποθήκες νερού) αδυνατούν να συγκρατήσουν πλούσιες ποσότητες. Η αυξημένη ένταση των βροχοπτώσεων δεν επαρκεί για να καλύψει τις ελλείψεις αυτές, καθώς το ξηρό έδαφος δεν μπορεί να συγκρατήσει την υγρασία και το νερό αντίθετα, οι έντονες βροχοπτώσεις απομακρύνουν σημαντικά στοιχεία της σύστασής του και οδηγούν στην περαιτέρω διάβρωσή του. Μπορούμε λοιπόν να αναμένουμε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας θα μεταβάλλει πλήρως τον χάρτη των υδάτινων πόρων.

Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού οδηγεί σε υποβάθμιση των υδάτινων πόρων καθώς πλήττει το φυσικό περιβάλλον των οργανισμών των υδάτινων οικοσυστημάτων. Παράλληλα, ωφελεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών, επικίνδυνων για την υγεία. Στην υποβάθμιση των υδάτινων πόρων συμβάλλει και η είσοδος αλμυρού νερού στους υδροφορείς¹¹ ως αποτέλεσμα της αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Οι υδάτινοι πόροι λοιπόν, πλήττονται διπλά από την έλλειψη νερού και την υποβαθμισμένη ποιότητα αυτού. Συνολικά, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδάτινα συστήματα αφορούν:

- 1) σε μείωση της ροής των υδατορεμάτων¹² και μείωση του φυσικού εμπλουτισμού των υδροφορέων,

¹¹ Υδροφορείς: στρώματα γης στα οποία γίνεται η μεταφορά του νερού.

¹² Υδατορέματα: μη πλεύσιμοι ποταμοί, χείμαρροι, ρέματα και ρυάκια.

2) σε μείωση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων.

Για την περιοχή της Νότιας Ευρώπης η μελέτη Stern (Stern, Stern Review: The Economics of Climate Change. Part II: The impacts of Climate Change in growth and Development 2007, Part II) προβλέπει μείωση ανώτερη του 30% της διαθεσιμότητας νερού για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας άνω των 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, ποσοστό το οποίο θα φτάσει το 50% για μέση αύξηση 4°C. Για μέση αύξηση 3°C, η ίδια μελέτη εκτιμά ότι μια φορά στα 10 χρόνια η περιοχή της Μεσογείου θα εμφανίζει εκτεταμένη περίοδο ξηρασίας.

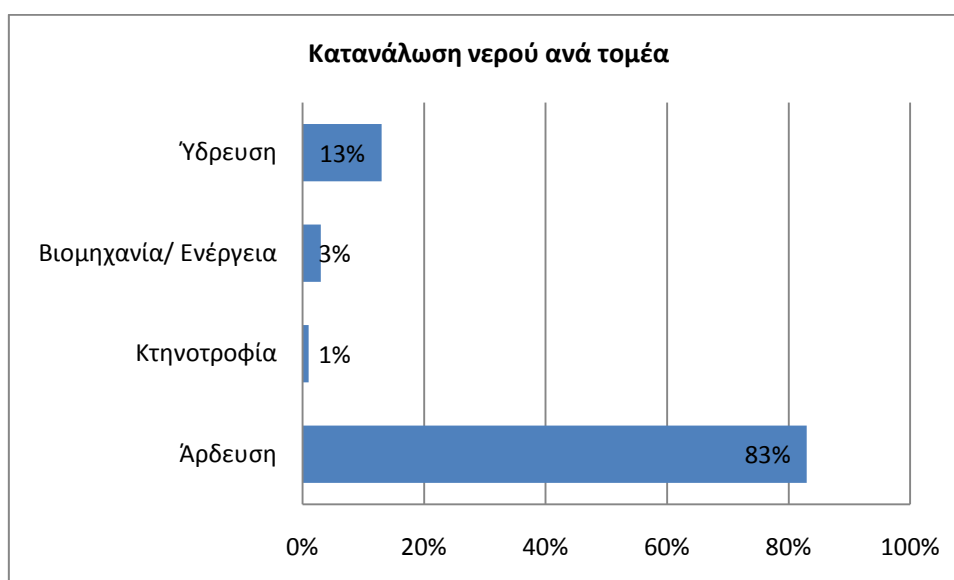
Οικονομικές Επιπτώσεις

Οι προαναφερθείσες φυσικές διαταραχές των υδάτινων συστημάτων, εμφανίζουν μια σειρά από κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις και προβάλλουν την ανάγκη για λήψη αποτελεσματικών πολιτικών για την αντιμετώπισή τους. Το πρόβλημα της διαθεσιμότητας νερού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την εξέλιξη του πληθυσμού. Επομένως, στην περίπτωση αυτή, ο καθορισμός του κοινωνικό-οικονομικού σεναρίου που θα επιλεγεί έχει διπλά σημαντικό ρόλο. Στην παρούσα μελέτη, εξετάζονται οι οικονομικές συνέπειες της έλλειψης νερού χρησιμοποιώντας αποτελέσματα διαφόρων μελετών, ανεξάρτητων μεταξύ τους, με σκοπό να βρεθούν προσεγγιστικές εκτιμήσεις, ώστε να πραγματοποιηθεί η μελέτη με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3.

Το νερό είναι ζωτικής σημασίας για την κοινωνία, όχι μόνο επειδή υπάρχει η πρωταρχική ανάγκη για κατανάλωση πόσιμου νερού για την επιβίωσή μας - το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας για την γεωργική παραγωγή, είναι απαραίτητο στην βιομηχανία, την ενέργεια και σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες όπως επίσης και για την εξασφάλιση της δημόσιας και ιδιωτικής υγιεινής.

Η ετήσια κατανάλωση νερού στην Ελλάδα, με τις σημερινές συνθήκες, κατανέμεται κατά 84% στον αγροτικό τομέα (83% για άρδευση και 1% για την κτηνοτροφία), το 13% στην ύδρευση και το 3% στην βιομηχανία και την ενέργεια.

Σχήμα 12: Κατανομή της ζήτησης νερού στην Ελλάδα ανάλογα με την χρήση του



Στην συνέχεια, θα εξετάσουμε κάθε έναν από αυτούς τους τομείς ξεχωριστά και θα ανιχνεύσουμε τις οικονομικές συνέπειες για τις περιπτώσεις έλλειψης διαθεσιμότητας νερού κατά 30%, 40% και 50%. Να σημειωθεί ότι θεωρούμε πως η έλλειψη αυτή κατανέμεται στους παραπάνω τομείς ανάλογα με το νερό που καταναλώνουν.

1) Γεωργία

Η ευαισθησία της γεωργικής παραγωγής στην έλλειψη νερού ποικίλλει ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης. Ως μέτρο αυτής, χρησιμοποιείται ο λόγος

$$K_Y = \frac{\text{Σχετική μεταβολή της παραγωγής}}{\text{Σχετική μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής}}$$

Με τον όρο «εξατμισοδιαπνοή» εννοείται το σύνολο του νερού που μετατρέπεται από την υγρά φάση στην αέρια κατά την διαπνοή των φυτών. Εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία και την ροή νερού. Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε τον λόγο K_Y στην εργασία, θεωρήθηκε ότι η μεταβολή στην διαθεσιμότητα του νερού θα φέρει ανάλογη μεταβολή στην εξατμισοδιαπνοή.

Για την μελέτη της επίδρασης της έλλειψης νερού στην γεωργία, ελήφθησαν υπ' όψιν οι καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας οι οποίες, σύμφωνα με στοιχεία του οργανισμού F.A.O (Food and Agriculture Organisation), εμφανίζουν υψηλή και μέτρια προς υψηλή ευαισθησία στην έλλειψη νερού. Στοιχεία του ίδιου οργανισμού χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό ενός αντιπροσωπευτικού μέτρου του λόγου K_Y για κάθε περίπτωση. Τα δεδομένα για την ελληνική γεωργική παραγωγή αφορούν το έτος 2005 και ελήφθησαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία. Ο Πίνακας 4.2-30 εμφανίζει συγκεντρωμένα τα παραπάνω στοιχεία:

Πίνακας 4.2-30: Ελληνικές καλλιέργειες που εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην έλλειψη νερού

Ευαισθησία	Καλλιέργεια	K_Y	Ποσοστό της συνολικής γεωργικής παραγωγής
Υψηλή	Πατάτες	1,1	4%
Μέτρια προς Υψηλή	Καρπούζι Καλαμπόκι Ντομάτα	0,8	24%

Επομένως, η εκτίμηση της μείωσης της γεωργικής παραγωγής για κάθε περίπτωση έλλειψης νερού προκύπτει:

Πίνακας 4.2-31: Εκτιμώμενη μείωση της γεωργικής παραγωγής σε σχέση με την έλλειψη νερού

Έλλειψη νερού	30%	40%	50%
Μείωση της γεωργικής παραγωγής	7%	9%	12%

Η μείωση αυτή της γεωργικής παραγωγής αντιπροσωπεύεται από μείωση του συντελεστή παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.

2) Βιομηχανία και Ενέργεια

Το νερό στην βιομηχανία χρησιμοποιείται είτε άμεσα στην παραγωγική διαδικασία είτε για να καλύψει τις ανάγκες ψύξης. Οι οικονομικές επιπτώσεις από την μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στον τομέα της βιομηχανίας θα αφορούν μια μείωση της παραγωγικότητας.

Στον τομέα της ενέργειας οι κυριότερες επιπτώσεις σχετίζονται με την μείωση της παραγωγικότητας των υδροηλεκτρικών μονάδων, δεδομένου ότι αυτή καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα της βροχόπτωσης/χιονόπτωσης και της θερμοκρασίας στις λεκάνες απορροής των ποταμών στα οποία αναπτύσσονται. Να σημειωθεί ότι, το 2005, τα υδροηλεκτρικά αποτελούν το 10% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος και χρησιμοποιούνται για την κάλυψη φορτίων αιχμής. Ελλείπει δεδομένων σχετικών με την μείωση της παραγωγής των υδροηλεκτρικών, δεν πραγματοποιήθηκε σχετική μελέτη στην παρούσα εργασία. Ωστόσο, η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην προσφορά ενέργειας θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό της παραγωγής ηλεκτρισμού στο μέλλον, καθώς θα πρέπει να εξασφαλισθεί σε κάθε περίπτωση η ασφάλεια της παροχής. Η έλλειψη νερού θα επηρεάσει και την παραγωγικότητα των λιγνιτικών σταθμών, οι οποίοι χρησιμοποιούν το νερό σε διάφορα στάδια επεξεργασίας του λιγνίτη και επιπλέον έχουν υψηλές απαιτήσεις ψύξεως.

3) Ύδρευση:

Οι ανάγκες ύδρευσης θα πρέπει να ικανοποιούνται ως ένα βαθμό, ανεξάρτητα από την έλλειψη νερού. Οι οικονομικές συνέπειες που αφορούν αυτόν τον τομέα λοιπόν, περιλαμβάνουν δαπάνες για την εξασφάλιση της παροχής νερού. Οι δαπάνες αυτές θα γίνουν σε έργα υποδομών, είτε για βελτίωση των ήδη υπάρχοντων, ώστε να μειωθούν οι απώλειες νερού κατά την διανομή του, είτε για κατασκευή νέων σε άλλες περιοχές. Τα νησιά αναμένεται να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε μεγαλύτερη ένταση από την ηπειρωτική Ελλάδα, θα είναι λοιπόν αναγκαίες οι δαπάνες για την συχνότερη μεταφορά νερού προς τα νησιά. Για τα περισσότερα ακραία σενάρια, ίσως είναι αναγκαία και η κατασκευή εργοστασίων αφαλάτωσης σε μεγάλη έκταση· το μέτρο αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνεται στα μέτρα προσαρμογής των νησιών στην κλιματική αλλαγή, ωστόσο, καθώς πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξασφαλίζεται η παροχή νερού, στα ακραία θερμοκρασιακά σενάρια μπορούμε να θεωρήσουμε απαραίτητη την κατασκευή τέτοιων εργοστασίων.

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Ανάγκες για υποδομές και κατασκευές στα συστήματα ύδρευσης και άρδευσης, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για κατανάλωση νερού, είναι απαραίτητες δαπάνες σε όλες τις περιπτώσεις. Μπορούν να μοντελοποιηθούν ως δαπάνες σε κεφάλαιο, εξοπλισμό και υπηρεσίες κατασκευών.

Η μείωση της παραγωγικότητας των υδροηλεκτρικών μονάδων θα οδηγήσει σε αναδιάρθρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συνέπειες αυτές χρειάζεται να μελετηθούν με ένα ενεργειακό μοντέλο το οποίο θα δώσει το κόστος αυτής της αναδιάρθρωσης ώστε να εξασφαλισθεί η ασφάλεια του δικτύου.

Στην συνέχεια το κόστος αυτό μπορεί να εισαχθεί στο υπόδειγμα σαν υποχρεωτική δαπάνη του κράτους στον ενεργειακό τομέα.

Τέλος, η μείωση της γεωργικής παραγωγής, εισάγεται σαν μείωση του συντελεστή παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.

Στην παρούσα εργασία ελλείπει δεδομένων, εξετάζονται μόνο οι εκτιμήσεις για την επίπτωση της έλλειψης νερού στον γεωργικό τομέα. Προσαρμόζοντας τις γενικές προβλέψεις της μελέτης Stern για την έλλειψη νερού (σελίδα 69) στα τέσσερα σενάρια που εξετάζονται, και χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις του Πίνακα 4.2-31 για την μείωση της γεωργικής παραγωγής, προέκυψαν:

Πίνακας 4.2-32: Εκτιμώμενη μεταβολή της γεωργικής παραγωγής λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας νερού για τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλ. αλλαγής

Μεταβολή στην θερμοκρασία	+2,5°C	+3,9°C	+4,1°C	+5,4°C
Έλλειψη νερού	30%	40%	40%	50%
Μείωση της γεωργικής παραγωγής	7%	9%	9%	12%

4.2.8 Ζήτηση Ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας είναι στενά συνδεδεμένη με τις κλιματικές συνθήκες. Στην περιοχή της Μεσογείου, η ζήτηση της ενέργειας ανάλογα με την εποχή, διαμορφώνεται ως εξής (Giannakopoulos, και συν. 2009):

- Τον μήνα Ιανουάριο, παρατηρείται συνήθως η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, για λόγους θέρμανσης.
- Την μεταβατική περίοδο Μαρτίου-Απριλίου τα επίπεδα της καταναλισκόμενης ενέργειας διατηρούνται σταθερά, μέχρι τον Μάιο, όπου η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνει συνεχώς.
- Την περίοδο του καλοκαιριού, αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση της ζήτησης ενέργειας, λόγω της εκτεταμένης χρήσης κλιματιστικών. Εξαίρεση αποτελεί συνήθως η περίοδος του Αυγούστου, λόγω των καλοκαιρινών διακοπών των περισσότερων εργαζομένων, με αποτέλεσμα να μειώνεται πολύ η κατανάλωση ενέργειας, ειδικά στις μεγάλες πόλεις.
- Η φθινοπωρινή περίοδος είναι και αυτή μεταβατική και χαρακτηρίζεται από σταθερή ζήτηση και κατανάλωση ενέργειας.

Φυσικές Συνέπειες

Από τα παραπάνω, προκύπτει πως είναι αναμενόμενο ότι θερμότερες κλιματικές συνθήκες θα οδηγήσουν σε μείωση της ζήτησης ενέργειας το χειμώνα, ενώ σημαντική θα είναι η αύξηση της ζήτησης το καλοκαίρι. Η μελέτη της διαμόρφωσης της ζήτησης της ενέργειας ανάλογα με την θερμοκρασία μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια με το μοντέλο PRIMES. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία, οι εκτιμήσεις για τις μεταβολές στην ζήτηση ενέργειας προέκυψαν χρησιμοποιώντας πληροφορίες άλλων μελετών.

Η μελέτη «The Impact of Temperature Change on Energy Demand» (De Cian, Lanzi and Roson 2007), εκτιμά μια ελαστικότητα ζήτησης ενέργειας ως προς την μεταβολή της θερμοκρασίας, δηλαδή την ποσοστιαία μεταβολή στην ζήτηση ενέργειας αν η μεταβολή στην θερμοκρασία είναι 1%. Συγκεκριμένα, εκτιμά την ελαστικότητα ως προς την θερμοκρασία της ζήτησης πετρελαίου, ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, ανά εποχή, για διαφορετικές ομάδες χωρών. Για την Ελλάδα, τα αποτελέσματα της μελέτης είναι τα εξής¹³:

¹³ Τα νούμερα που χρησιμοποιούνται προκύπτουν από τον πίνακα «Table 1» στην σελίδα 10 της μελέτης. Η Ελλάδα, κατατάσσεται στην ομάδα «Group Mild».

Πίνακας 4.2-33: Ελαστικότητα ζήτησης ενέργειας ως προς την θερμοκρασία

Ελαστικότητα ζήτησης ως προς την θερμοκρασία	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Άνοιξη
Ηλεκτρισμός	0,54%	0	0
Πετρέλαιο	0	-0,57%	0
Φυσικό Αέριο	0	0	-1,29%

Πηγή: De Cian, Lanzi and Roson 2007

Προκειμένου να αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα αυτά, χρησιμοποιήθηκαν οι προβλέψεις για την εποχιακή μεταβολή της θερμοκρασίας του Πίνακα 4.2-23: Μεταβολές θερμοκρασίας στη Μεσόγειο από άνοδο 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι μεταβολές αυτές, προστέθηκαν σε δεδομένα για την σημερινή μέση θερμοκρασία σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος (δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Έτσι, προέκυψαν εκτιμήσεις για την ποσοστιαία μεταβολή της θερμοκρασίας κάθε μήνα και για κάθε μια από τις επιλεγμένες περιοχές της Ελλάδος. Στην συνέχεια, ελήφθη ο σταθμισμένος μέσος όρος, ανά μήνα, για όλες τις περιοχές της Ελλάδος, με βάση την κατανάλωση ενέργειας σε αυτές (δεδομένα από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος). Τέλος, από τον μέσο όρο για τους μήνες κάθε εποχής προέκυψε η ποσοστιαία μεταβολή της θερμοκρασίας ανά εποχή, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 4.2-34: Ποσοστιαία μεταβολή της θερμοκρασίας ανά εποχή που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της μεταβολής στην ζήτηση ενέργειας για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C

	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Μεταβολή της θερμοκρασίας	19%	11%	15%	12%

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 4.2-33 και τις θερμοκρασιακές μεταβολές του Πίνακα 4.2-34, η μεταβολή στην ζήτηση ενέργειας εκτιμάται:

Πίνακας 4.2-35: Εκτίμηση της μεταβολής της ζήτησης ενέργειας στην Ελλάδα για αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C

	Ηλεκτρική ενέργεια	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο
Μεταβολή της ζήτησης ενέργειας	8,12%	-10,96%	-13,8%

Οικονομικές Επιπτώσεις

Η μεταβολή στην ζήτηση ενέργειας λόγω της αλλαγής της θερμοκρασίας αφορά, όπως είναι φυσικό, μόνο την ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση ή κλιματισμό. Επομένως, η μεταβολή στην ζήτηση που

εκτιμήθηκε παραπάνω γίνεται αισθητή κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών και, δευτερευόντως, στην κατανάλωση ενέργειας των υπηρεσιών.

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Για να γίνει η μελέτη με το υπόδειγμα, θεωρήθηκε ότι η μεταβολή στην ζήτηση ενέργειας αφορά μόνο τα νοικοκυριά. Ο πίνακας κατανάλωσης του υποδείγματος (Πίνακας 4.2-9) διαθέτει τομέα κατανάλωσης «ηλεκτρισμού, αερίου και άλλων καυσίμων». Στον τομέα αυτό η δαπάνη κατανέμεται κατά 78% στον ηλεκτρισμό και κατά 22% στο πετρέλαιο¹⁴. Εισάγοντας τις μεταβολές της ζήτησης του Πίνακα 4.2-34, προκύπτει συνολική μεταβολή στην δαπάνη των νοικοκυριών στον τομέα κατά 4% η οποία υλοποιείται ως μεταβολή της υποχρεωτικής κατανάλωσης (subsistence minima) των νοικοκυριών. Ακόμα, η νέα κατανομή της δαπάνης διαμορφώνεται ως 81% για τον ηλεκτρισμό και 19% για το πετρέλαιο.

4.2.9 Σύνοψη των εκτιμήσεων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των εκτιμήσεων που έγιναν, όπως αυτές εισήχθησαν στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3:

¹⁴ Η δαπάνη για φυσικό αέριο είναι πολύ μικρή, της τάξης του 0,1% και δεν λαμβάνεται υπ' όψιν στην συνέχεια.

Πίνακας 4.2-36: Συγκεντρωτικός Πίνακας εκτιμήσεων οι οποίες εισάγονται στο μοντέλο GEM-E3 για την μελέτη του σεναρίου μη δράσης

		B2 Had +2,5° C	A2 Had +3,9° C	B2 EC +4,1° C	A2 EC +5,4° C	
ΓΕΩΡΓΙΑ	Μείωση της παραγωγικότητας	0,00%	7,94%	2,65%	17,87%	
ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Συντήρηση και επισκευή του οικήματος 	3,95%	3,63%	0,50%	0,00%	
	<i>Νοικοκυριά</i> <ul style="list-style-type: none"> Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Επίπλωση, εξοπλισμός του νοικοκυριού και καθημερινή συντήρηση του οικήματος 	0,22%	0,20%	0,03%	0,00%	
	<i>Γεωργία</i>	Μείωση της παραγωγικότητας	0,052%	0,048%	0,007%	0,00%
	<i>Χερσαίες μεταφορές</i>	<ul style="list-style-type: none"> Μείωση της παραγωγικότητας Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος 	0,032%	0,029%	0,004%	0,00%
	<i>Βιομηχανία</i>	<ul style="list-style-type: none"> Μείωση της παραγωγικότητας Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος 	0,003%	0,003%	0,000%	0,00%
	<i>Εμπόριο</i>	<ul style="list-style-type: none"> Μείωση της παραγωγικότητας Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος 	0,004%	0,004%	0,001%	0,00%
ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	<ul style="list-style-type: none"> Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Επίπλωση, εξοπλισμός του νοικοκυριού και καθημερινή συντήρηση του οικήματος. Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Συντήρηση και επισκευή του οικήματος. Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Υπηρεσίες μεταφορών 	0,000%	0,210%	0,001%	0,436%	
	<i>Νοικοκυριά</i>	0,000%	8,464%	0,029%	17,614%	
		0,000%	0,105%	0,000%	0,218%	
	Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος στο σύνολο της οικονομίας	0,016%	0,017%	0,016%	0,018%	
ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ	<i>Σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση</i>	Μείωση στα τουριστικά έσοδα (Εξαγωγές)	1,161%	1,687%	6,138%	8,341%
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	Μείωση της παραγωγικότητας στον αγροτικό τομέα	7%	9%	9%	12%	

+2 °C στην Μεσόγειο

ΥΓΕΙΑ	Μείωση της παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού, στους τομείς:	<ul style="list-style-type: none">• Κατασκευές• Γεωργία• Ορυχεία• Βιοτεχνία	3,107% 0,444% 1,775% 0,888%
ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ			
	<i>Κρατικές Δαπάνες</i>	<ul style="list-style-type: none">• Αύξηση κρατικής δαπάνης στον τομέα: κατασκευές (εκ/ρια €)• Αύξηση κρατικής δαπάνης στον τομέα: Δασοκομία, υλοτομία και συναφείς υπηρεσίες (εκ/ρια €)• Αύξηση κρατικής επιδότησης στα νοικοκυριά	176,23 50,27 8,66%
	<i>Νοικοκυριά</i>	<ul style="list-style-type: none">• Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Επίπλωση, εξοπλισμός του νοικοκυριού και καθημερινή συντήρηση του οικήματος• Αύξηση της δαπάνης στον τομέα: Συντήρηση και επισκευή του οικήματος	0,74% 13,54%
		Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος στο σύνολο της οικονομίας	0,07%
		Μείωση κεφαλαιουχικού αποθέματος στον αγροτικό τομέα	5,64%

4.3 Γενική ισορροπία και το σύστημα λογαριασμών εισροών-εκροών¹⁵

Η ανάλυση για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής γίνεται στα πλαίσια της γενικής ισορροπίας.

Το υπόδειγμα γενικής ισορροπίας είναι προϊόν σχεδόν δύο αιώνων έρευνας. Σε όλη την διάρκεια της ιστορίας της οικονομικής επιστήμης, 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. Η μαθηματική αποτύπωση της έννοιας της γενικής ισορροπίας έγινε από τον Leon Walras το 1874. Ο Walras και άλλοι οικονομολόγοι όπως οι Jevons, Menger, 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 ανάπτυξη των μοντέρνων μεθόδων ανάλυσης γενικής ισορροπίας έχει ως βάση το **σύστημα λογαριασμών εισροών-εκροών**, το οποίο αποδίδεται στον W. Leontief (1905-1999) και το πρωτοποριακό του έργο. 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.

¹⁵ Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου:

Dervis, Kemal, Jaime De Melo, and Sherman Robinson. "Input-output models." In *General Equilibrium Models for Development Policy*. Cambridge University Press, 1982.

Παρούσος, Λεωνίδας Λ. *Ενέργεια και Κλιματική Αλλαγή: Οικονομική Ανάλυση στο Πλαίσιο της Γενικής Οικονομικής Υπηρεσίας*. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009.

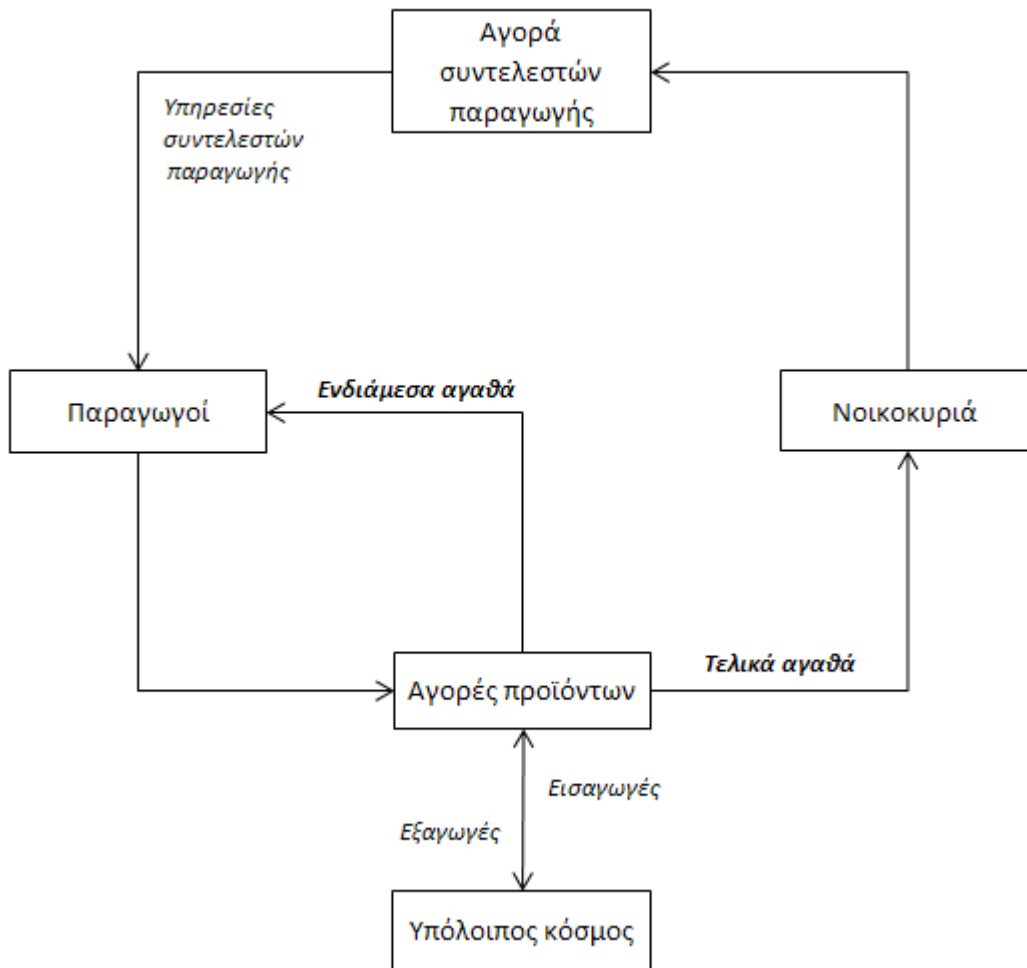
Το υπόδειγμα του Leontief περιλαμβάνει μια σειρά από περιορισμούς και παραδοχές γραμμικότητας, όπως:

- ο οι σχετικές τιμές των προϊόντων παραμένουν σταθερές
- ο η κλαδική συνάρτηση παραγωγής περιγράφεται με σταθερούς συντελεστές
- ο ο προσδιορισμός της συμπεριφοράς των βασικών οικονομικών παραγόντων (επιχειρήσεις, νοικοκυριά και κυβέρνηση) και της σχέσης τους με τον υπόλοιπο κόσμο γίνεται εξωγενώς.

Το γεγονός αυτό δημιούργησε την ανάγκη για την κατασκευή νέων υποδειγμάτων που θα αναιρούσαν αυτές τις πολύ περιοριστικές υποθέσεις. Ωστόσο, το υπόδειγμα του Leontief και γενικότερα τα γραμμικά μοντέλα παρέχουν ένα πλαίσιο γενικής ισορροπίας το οποίο σκιαγραφεί με ακρίβεια μεγάλη γκάμα σημαντικών θεωρητικών θεμάτων.

Το Σχήμα 13 απεικονίζει ένα απλοποιημένο σύστημα ροών της οικονομίας. Μη λαμβάνοντας υπ' όψιν το εμπόριο με το εξωτερικό (εισαγωγές- εξαγωγές), υπάρχουν μόνο δυο παράγοντες της οικονομίας, οι παραγωγοί και τα νοικοκυριά. Οι παραγωγοί λαμβάνουν τις εισροές και προσφέρουν προϊόντα, ενώ τα νοικοκυριά λαμβάνουν προϊόντα και προσφέρουν υπηρεσίες με την μορφή παραγόντων/συντελεστών παραγωγής. Επίσης, υπάρχουν μόνο δύο αγορές: η αγορά συντελεστών παραγωγής και η αγορά προϊόντων. Ωστόσο η αγορά προϊόντων περιλαμβάνει δυο ειδών πελάτες ` οι παραγωγοί προσφέρουν τελικά αγαθά (αγαθά προς τελική κατανάλωση) στα νοικοκυριά αλλά και «ενδιάμεσα αγαθά» στους άλλους παραγωγικούς τομείς. Η συμπερίληψη των ενδιάμεσων αγαθών επιτρέπει την ανάλυση τόσο της δομής της ακαθάριστης παραγωγής όσο και των διασυνδέσεων μεταξύ των διαφόρων παραγωγικών κλάδων της οικονομίας, και αποτελεί το επίκεντρο του συστήματος λογαριασμών εισροών-εκροών.

Σχήμα 13: Απλοποιημένο σύστημα ροών της οικονομίας



Στην συνέχεια, με χρήση του στατικού συστήματος εισροών- εκροών του Leontief, γίνεται μελέτη των επιπτώσεων στην οικονομία ορισμένων παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής που εκτιμήθηκαν. Το σύστημα αυτό μας δίνει μια πρώτη εικόνα της τάξης μεγέθους των επιπτώσεων στην οικονομία. Για την περιγραφή του συστήματος χρησιμοποιείται μια απεικόνιση της ελληνικής οικονομίας με 5 τομείς. Οι τομείς αυτοί και τα στοιχεία του, προκύπτουν από τον λεπτομερή πίνακα εισροών- εκροών 60 τομέων που χρησιμοποιεί και το υπόδειγμα GEM-E3.

Κάθε στοιχείο του πίνακα είναι ενδεικτικό της ροής δεδομένων από τον τομέα που βρίσκεται στην αρχή της σειράς προς τον τομέα της κάθε στήλης. Παραδείγματος χάριν, η σειρά (1) δείχνει την ροή προϊόντων από τον τομέα «Προϊόντα Γεωργίας, Θήρας, Δασοκομίας και Αλιείας» προς τους υπόλοιπους τομείς και τους καταναλωτές. Όλα τα μεγέθη είναι εκφρασμένα σε αξίες, συγκεκριμένα, σε εκατομμύρια ευρώ του 2005. Η συνολική προστιθέμενη αξία ισούται με το άθροισμα του κεφαλαίου και της εργασίας, και από τον πίνακα προκύπτει ίση με $68270+109365=177635$ εκ.€('05). Προσθέτοντας τους έμμεσους

φόρους προκύπτει η προστιθέμενη αξία σε τιμές αγοράς 197645εκ.€('05). Το ποσό αυτό ισούται και με την συνολική καθαρή τελική ζήτηση (στήλη (10)), η οποία προκύπτει από την τελική κατανάλωση¹⁶ (στήλη (7)) προσθέτοντας τις εξαγωγές και αφαιρώντας τις εισαγωγές (στήλες (8) και (9) αντίστοιχα). Το ποσό αυτό είναι και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της χώρας για το 2005.

Στον πίνακα εισροών-εκροών ισχύουν πάντα :

- Προστιθέμενη Αξία (μετά φόρων) = Καθαρή Τελική Ζήτηση. Στον πίνακα, ικανοποιείται η σχέση καθώς το σύνολο της στήλης (10) είναι ίσο με το σύνολο της γραμμής (10).
- Προσφορά (i) = Δαπάνη(i). Η προσφορά (ή παραγωγή) του κάθε τομέα ισούται με την δαπάνη (ή κατανάλωση) αυτού. Στον πίνακα βλέπουμε ότι τα στοιχεία της τελευταίας γραμμής (τα οποία αντιστοιχούν στην συνολική δαπάνη) είναι ίσα με τα στοιχεία της τελευταίας στήλης (τα οποία αντιστοιχούν στην συνολική προσφορά).

Ορίζουμε τις ακόλουθες μεταβλητές:

X_{ij} = ροή ενδιάμεσων αγαθών από τον τομέα i στον τομέα j

X_i = παραγωγή του τομέα i (οι συνολικές εκροές του τομέα οι οποίες φαίνονται στην σειρά (11) του πίνακα εισροών-εκροών)

P_i = η τιμή μιας μονάδας προϊόντος του τομέα i

F_i = η τελική ζήτηση του τομέα i

a_{ij} = οι απαραίτητες ενδιάμεσες μονάδες προϊόντος i για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος του τομέα j

Μη λαμβάνοντας υπ' όψιν τις εισαγωγές και τις εξαγωγές, η βασική εξίσωση που αποτυπώνει την σχέση εισροών-εκροών είναι:

$$P_i X_i = \sum_j P_i X_{ij} + P_i F_i \quad (1)$$

Θεωρώντας ότι η τεχνολογία παραμένει σταθερή, οι συντελεστές a_{ij} παραμένουν επίσης σταθεροί. Ισχύει:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad (2)$$

Οι συντελεστές a_{ij} ονομάζονται «πολλαπλασιαστές Leontief».

Γενικά, σε έναν πίνακα εισροών-εκροών, είναι βολικό να εκφράζονται όλες οι μονάδες των ροών με τρόπο που όλες οι τιμές να ισούνται με την μονάδα. Τότε, οι συντελεστές a_{ij} μπορούν να ορισθούν ως η ποσότητα προϊόντος του τομέα i αξίας 1 χρηματικής μονάδας (ένα ευρώ) που απαιτείται για την παραγωγή ποσότητας του τομέα j αξίας 1 χρηματικής μονάδας. Η εξίσωση (1) μπορεί επομένως να γραφεί

$$X_i = \sum_j a_{ij} X_j + F_i$$

ή με την μορφή πινάκων

$$X = AX + F \Rightarrow X = (I - A)^{-1}F \quad (3)$$

¹⁶ Η τελική ζήτηση είναι ίση με το άθροισμα της ζήτησης των νοικοκυριών της κυβέρνησης και των επενδύσεων.

όπου I ο μοναδιαίος πίνακας, διαστάσεων $(i \times j)$.

Εάν λάβουμε υπ' όψιν τις εισαγωγές και τις εξαγωγές (M και E), η εξίσωση (3) γίνεται:

$$X + M = AX + F + E \Rightarrow \quad (4.1)$$

$$X = (I - A)^{-1} (F + E - M) \quad (4.2)$$

Στην νέα αυτή εξίσωση, η καθαρή τελική ζήτηση καθορίζεται πλέον και από το επίπεδο των εισαγωγών και των εξαγωγών, ως $F+E-M$. Στην μορφή αυτή, η τελική καθαρή ζήτηση είναι δυνατόν για κάποιους τομείς να έχει και αρνητική λύση. Προκειμένου αυτό να αποφευχθεί σε κάθε περίπτωση, οι Chenery και Clark (1959) προέβησαν σε μια πολύ κρίσιμη παραδοχή, σύμφωνα με την οποία ο λόγος των εισαγωγών ως προς την εγχώρια παραγωγή είναι σταθερός σε κάθε τομέα και μεγαλύτερος του μηδενός:

$$\mu_i = \frac{M_i}{X_i} \geq 0 \quad (5.1)$$

όπου:

M_i : οι εισαγωγές του τομέα i

Ορίζοντας έναν διαγώνιο πίνακα των λόγων εισαγωγών μ_i ,

$$\hat{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \mu_n \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

και μια μεταβλητή για την συνολική προσφορά

$$Q = X + M \quad (6)$$

μπορούμε να γράψουμε:

$$Q = X + M = X + \hat{\mu}X = (1 + \hat{\mu})X \Rightarrow X = (1 + \hat{\mu})^{-1}Q \quad (7)$$

Από την (4.1) έχουμε

$$Q = AX + F + E = A(1 + \hat{\mu})^{-1}Q + (F + E) \Rightarrow Q = (I - A^*)^{-1}(F + E) \quad (8)$$

$$\text{με } A^* = A(1 + \hat{\mu})^{-1} \quad (9)$$

Το σύνολο των εξισώσεων (4)-(9) χρησιμοποιείται στην συνέχεια για την μελέτη του πίνακα εισροών-εκροών της ελληνικής οικονομίας.

Πίνακας 4.3-1: Πίνακας Εισροών-Εκροών της ελληνικής οικονομίας, 5 τομέων (τα μεγέθη είναι εκφρασμένα σε τιμές του 2005)

	Ενδιάμεσες Ροές						Τελική Ζήτηση					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Προϊόντα Γεωργίας, Θήρας, Δασοκομίας και Αλιείας	Βιομηχανία	Ηλεκτρική Ενέργεια, Αέριο, Ατμός και Νερό	Κατασκευές	Υπηρεσίες	Σύνολο	Τελική κατανάλωση	Εξαγωγές	Εισαγωγές	Καθαρή τελική κατανάλωση	Συνολική προσφορά	
1	Προϊόντα Γεωργίας, Θήρας, Δασοκομίας και Αλιείας	1914	3926	0	0	693	6534	5369	1321	1499	5191	13225
2	Βιομηχανία	1225	21503	1387	10268	16063	50446	56367	12429	49027	19769	119242
3	Ηλεκτρική Ενέργεια, Αέριο, Ατμός και Νερό	217	1865	566	96	2618	5361	2150	15	149	2015	7526
4	Κατασκευές	11	356	23	3	2540	2933	26318	232	80	26470	29483
5	Υπηρεσίες	1189	9848	534	6065	42403	60038	122949	29149	7897	144200	212136
6	Σύνολο	4556	37498	2510	16432	64317	125313	213152	43146	58653	197645	381611
7	Εργασία	1148	7952	1209	3742	54220	68270					
8	Κεφάλαιο	8194	11040	3397	8747	77986	109365					
9	Φόροι	-2173	13725	260	482	7715	20010					
10	Προστιθέμενη αξία (μετά φόρων)	7170	32717	4866	12971	139921	197645					
11	Συνολικές Εκροές, σε τιμές παραγωγού ¹⁷	11726	70215	7376	29403	204238	322958					
12	Εισαγωγές	1499	49027	149	80	7897	58653					
13	Συνολική δαπάνη	13225	119242	7526	29483	212136	381611					

¹⁷ Συνολικές Εκροές, σε τιμές παραγωγού=(10)+(4)

4.3.1 Μελέτη περίπτωσης με το υπόδειγμα Leontief

Επιπτώσεις στην οικονομία από την μεταβολή στην τουριστική ζήτηση λόγω της κλιματικής αλλαγής

Ο Πίνακας 4.2-18 σελίδα 61 του κεφαλαίου 2.3.4. καταγράφει την μεταβολή στην τουριστική δαπάνη λόγω της κλιματικής αλλαγής για διαφορετικά σενάρια. Στην συνέχεια, εξετάζουμε με το στατικό υπόδειγμα εισροών-εκροών του Leontief την επίπτωση στην οικονομία από την μεταβολή της τουριστικής ζήτησης για το σενάριο «σταθερή συνολική ευρωπαϊκή και μηνιαία ζήτηση». (Πίνακας 4.2-18)

Για την περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε, χρησιμοποιείται ο πίνακας εισροών-εκροών 5 τομέων της ελληνικής οικονομίας (Πίνακας 4.3-1). Η ίδια μελέτη έγινε με τον λεπτομερή πίνακα εισροών-εκροών των 60 τομέων. Από τον Πίνακα 4.3-1, οι ενδιάμεσες ροές είναι:

ενδιάμεσες ροές	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	1914	3926	0	0	693
2	1225	21503	1387	10268	16063
3	217	1865	566	96	2618
4	11	356	23	3	2540
5	1189	9848	534	6065	42403
Σύνολο	4556	37498	2510	16432	64317
X	11726	70215	7376	29403	204238

Ο πίνακας των πολλαπλασιαστών Leontief a_{ij} προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση (2):

a_{ij}	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	0,163	0,056	0,000	0,000	0,003
2	0,104	0,306	0,188	0,349	0,079
3	0,018	0,027	0,077	0,003	0,013
4	0,001	0,005	0,003	0,000	0,012
5	0,101	0,140	0,072	0,206	0,208

Οι συντελεστές μ προκύπτουν σύμφωνα με την εξίσωση (5.1)

	Τομείς				
	1	2	3	4	5
X	11725,63	70215,04	7376,336	29402,76	204238,3
M	1499,001	49026,59	149,3928	80,35211	7897,415
μ	0,12784	0,698235	0,020253	0,002733	0,038668

και ο πίνακας $\hat{\mu}$ θα είναι

$\hat{\mu}$	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	0,12784	0	0	0	0
2	0	0,698235	0	0	0
3	0	0	0,020253	0	0
4	0	0	0	0,002733	0
5	0	0	0	0	0,038668

Προσθέτοντας στον παραπάνω πίνακα τον μοναδιαίο πίνακα I, και αντιστρέφοντάς τον, προκύπτει ο πίνακας $(I + \hat{\mu})^{-1}$

$(I + \hat{\mu})^{-1}$	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	0,886651	0	0	0	0
2	0	0,588847	0	0	0
3	0	0	0,980149	0	0
4	0	0	0	0,997275	0
5	0	0	0	0	0,962772

Ο πίνακας A^* θα προκύψει σύμφωνα με την εξίσωση (9)

A^*	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	0,145	0,033	0,000	0,000	0,003
2	0,093	0,180	0,184	0,348	0,076
3	0,016	0,016	0,075	0,003	0,012
4	0,001	0,003	0,003	0,000	0,012
5	0,090	0,083	0,071	0,206	0,200

Αφαιρώντας τον πίνακα A^* από τον μοναδιαίο και αντιστρέφοντάς τον, προκύπτει ο πίνακας $(I - A^*)^{-1}$

$(I - A^*)^{-1}$	Τομείς				
	1	2	3	4	5
1	1,176	0,048	0,010	0,019	0,010
2	0,154	1,246	0,260	0,461	0,129
3	0,025	0,024	1,088	0,016	0,019
4	0,003	0,005	0,006	1,005	0,016
5	0,151	0,138	0,126	0,310	1,270

Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2.3.4., οι τουριστικές δαπάνες είναι μέρος των εξαγωγών. Διακρίνοντας τις εξαγωγές σε αυτές που αφορούν τον τουρισμό (ΕΤ) και τις υπόλοιπες (ΕπΤ) έχουμε:

Τομείς	EnT	ET	E
1	1226	96	1321
2	11619	810	12429
3	15	0	15
4	232	0	232
5	19326	9823	29149

Μεταβάλλοντας τις εξαγωγές που αφορούν τους τουρίστες (ET) κατά -8,34%, οι εξαγωγές διαμορφώνονται ως εξής:

Τομείς	EnT	Etnew	Enew
1	1226	87,9	1313
2	11619	742,5	12362
3	14,63	0	14,63
4	231,7	0	231,7
5	19326	9004	28329

Η τελική ζήτηση (F) θεωρούμε ότι διατηρείται σταθερή. Επομένως έχουμε:

Τομείς	F	Enew	(F+E)new
1	5369	1313	6682
2	56367	12362	68728
3	2150	14,63	2165
4	26318	231,7	26550
5	122949	28329	151278

Εφαρμόζοντας την εξίσωση (8) για την εύρεση της νέας συνολικής προσφοράς Qnew έχουμε:

$(I - A^*)^{-1}$						$(F+E)new$	$Qnew$
1,1758	0,0485	0,0105	0,0189	0,0098	×	6682	13204
0,1540	1,2459	0,2598	0,4614	0,1294		68728	119050
0,0254	0,0238	1,0876	0,0158	0,0194		2165	7508
0,0034	0,0055	0,0056	1,0052	0,0157		26550	29470
0,1511	0,1376	0,1259	0,3096	1,2700		151278	211085
						=	

Από την εξίσωση (7) προκύπτει:

$$\begin{matrix}
 & & & & & \mathbf{Q_{new}} & & \mathbf{X_{new}} \\
 & & \mathbf{(I + \hat{\mu})^{-1}} & & & & & \\
 \begin{matrix} 0,8867 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,589 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,98 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,997 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,963 \end{matrix} & \times & \begin{matrix} 13204 \\ 119050 \\ 7508 \\ 29470 \\ 211085 \end{matrix} & = & \begin{matrix} \mathbf{11707} \\ \mathbf{70102} \\ \mathbf{7359} \\ \mathbf{29390} \\ \mathbf{203226} \end{matrix}
 \end{matrix}$$

Καθώς τα X_{new} είναι πλέον γνωστά, μέσω των πολλαπλασιαστών Leontief (α_{ij}) μπορούμε να ανακατασκευάσουμε όλες τις ενδιάμεσες ροές του πίνακα εισροών εκροών.

		Τομείς				
		1	2	3	4	5
Xnew		11707	70102	7359	29390	203226
	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	
α_{ij}		0,163	0,056	0,000	0,000	0,003
		0,104	0,306	0,188	0,349	0,079
		0,018	0,027	0,077	0,003	0,013
		0,001	0,005	0,003	0,000	0,012
		0,101	0,140	0,072	0,206	0,208



		Νέες ενδιάμεσες ροές				
		1	2	3	4	5
1		1911	3920	0	0	690
2		1223	21469	1384	10263	15983
3		216	1862	564	96	2605
4		11	355	23	3	2528
5		1187	9832	533	6062	42193

Οι εισαγωγές διαμορφώνονται σύμφωνα με την εξίσωση (6)

		Τομείς				
		1	2	3	4	5
Qnew		13204	119050	7508	29470	211085
Xnew		11707	70102	7359	29390	203226
Mnew		1497	48948	149	80	7858

Για να ανακατασκευάσουμε την εργασία (L) και το κεφάλαιο (C), κάνουμε την παραδοχή ότι η τεχνολογία παραμένει σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι ανά μία μονάδα παραγόμενου προϊόντος απαιτούνται οι

ίδιες μονάδες κεφαλαίου και εργασίας όπως και στην αρχική οικονομία. Μπορούμε λοιπόν να ορίσουμε σταθερούς συντελεστές κεφαλαίου και εργασίας, έστω C_{CO} και L_{CO} , για τους οποίους θα ισχύει:

$$C_{CO} = \frac{C_i}{X_i}$$

$$L_{CO} = \frac{L_i}{X_i}$$

όπου C_i και L_i το κεφάλαιο και η εργασία ανά τομέα αντίστοιχα.

Επομένως:

$$C_{new_i} = C_{CO} \times X_{new_i} \quad (10) \quad \text{και} \quad L_{new_i} = L_{CO} \times X_{new_i} \quad (11)$$

Να σημειωθεί ότι η σταθερή τεχνολογία προϋποθέτει και σταθερό λόγο εργασίας και κεφαλαίου L/C , καθώς οι απαιτούμενοι εργαζόμενοι για κεφάλαιο δεδομένης τεχνολογίας θα είναι σταθεροί.

Από τον πίνακα εισροών-εκροών οι συντελεστές εργασίας και κεφαλαίου προκύπτουν:

	Τομείς				
	1	2	3	4	5
L	1148	7952	1209	3742	54220
C	8194	11040	3397	8747	77986
X	11726	70215	7376	29403	204238
Lco	0,097881	0,113251	0,1639	0,12726	0,265473
Cco	0,698853	0,157231	0,460587	0,297491	0,38184

Επομένως για την νέα παραγωγή X_{new} , το κεφάλαιο και η εργασία προκύπτουν σύμφωνα με τις εξισώσεις (10) και (11):

	Τομείς				
	1	2	3	4	5
Lco	0,097881	0,113251	0,1639	0,12726	0,265473
Cco	0,698853	0,157231	0,460587	0,297491	0,38184
Xnew	11707	70103	7359	29390	203230
Lnew	1146	7939	1206	3740	53952
Cnew	8182	11022	3389	8743	77601

Έχουμε πλέον όλα τα δεδομένα για να ανακατασκευάσουμε τον πίνακα εισροών-εκροών με τις νέες συνθήκες.

Πίνακας 4.3-2: Ανακατασκευασμένος Πίνακας Εισροών-Εκροών 5 τομέων της ελληνικής οικονομίας, μετά την αλλαγή στην τουριστική ζήτηση

		Ενδιάμεσες Ροές					Τελική Ζήτηση					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Προϊόντα Γεωργίας, Θήρας, Δασοκομίας και Αλιείας	Βιομηχανία	Ηλεκτρική Ενέργεια, Αέριο, Ατμός και Νερό	Κατασκευές	Υπηρεσίες	Σύνολο	Τελική κατανάλωση	Εξαγωγές	Εισαγωγές	Καθαρή τελική κατανάλωση	Συνολική προσφορά
1	Προϊόντα Γεωργίας, Θήρας, Δασοκομίας και Αλιείας	1912	3920	0	0	690	6522	5369	1313	1497	5186	13204
2	Βιομηχανία	1223	21469	1384	10263	15983	50322	56367	12362	48948	19780	119051
3	Ηλεκτρική Ενέργεια, Αέριο, Ατμός και Νερό	216	1862	564	96	2605	5344	2150	15	149	2016	7508
4	Κατασκευές	11	355	23	3	2528	2920	26318	232	80	26470	29470
5	Υπηρεσίες	1187	9832	533	6062	42194	59807	122949	28332	7858	143422	211088
6	Σύνολο	4549	37438	2504	16425	64000	124915	213152	42254	58533	196873	380321
7	Εργασία	1146	7939	1206	3740	53952	67983					
8	Κεφάλαιο	8182	11022	3389	8743	77601	108938					
9	Φόροι	-2169	13703	259	482	7677	19952					
10	Προστιθέμενη αξία (μετά φόρων)	7158	32665	4855	12965	139230	196873					
11	Συνολικές Εκροές, σε τιμές παραγωγού	11707	70103	7359	29390	203230	321788					
12	Εισαγωγές	1497	48948	149	80	7858	58533					
13	Συνολική δαπάνη	13204	119051	7508	29470	211088	380321					

Η προστιθέμενη αξία μετά φόρων κάθε τομέα, προκύπτει από την διαφορά των συνολικών ενδιάμεσων ροών από τις συνολικές εκροές ((10)=(11)-(6)).

Οι φόροι, προκύπτουν από την διαφορά της προστιθέμενης αξίας (κεφάλαιο και εργασία) από την προστιθέμενη αξία μετά φόρων ((9)=(10)-(7)-(8)).

Ικανοποιούνται οι εξισώσεις:

- Προστιθέμενη Αξία (μετά φόρων) = Καθαρή Τελική Ζήτηση
- Προσφορά(i) = Δαπάνη(i)

Με ακριβώς την ίδια διαδικασία έγινε η μελέτη της μεταβολής στην τουριστική ζήτηση για τον λεπτομερή πίνακα εισροών-εκροών 60 τομέων της ελληνικής οικονομίας. Το στατικό σύστημα εισροών-εκροών Leontief, για τις μεταβολές στην τουριστική ζήτηση έδωσε τις παρακάτω μεταβολές στο ΑΕΠ:

Πίνακας 4.3-3: Αποτελέσματα του συστήματος Leontief για την μελέτη της επίπτωσης της τουριστικής ζήτησης στο ΑΕΠ της ελληνικής οικονομίας

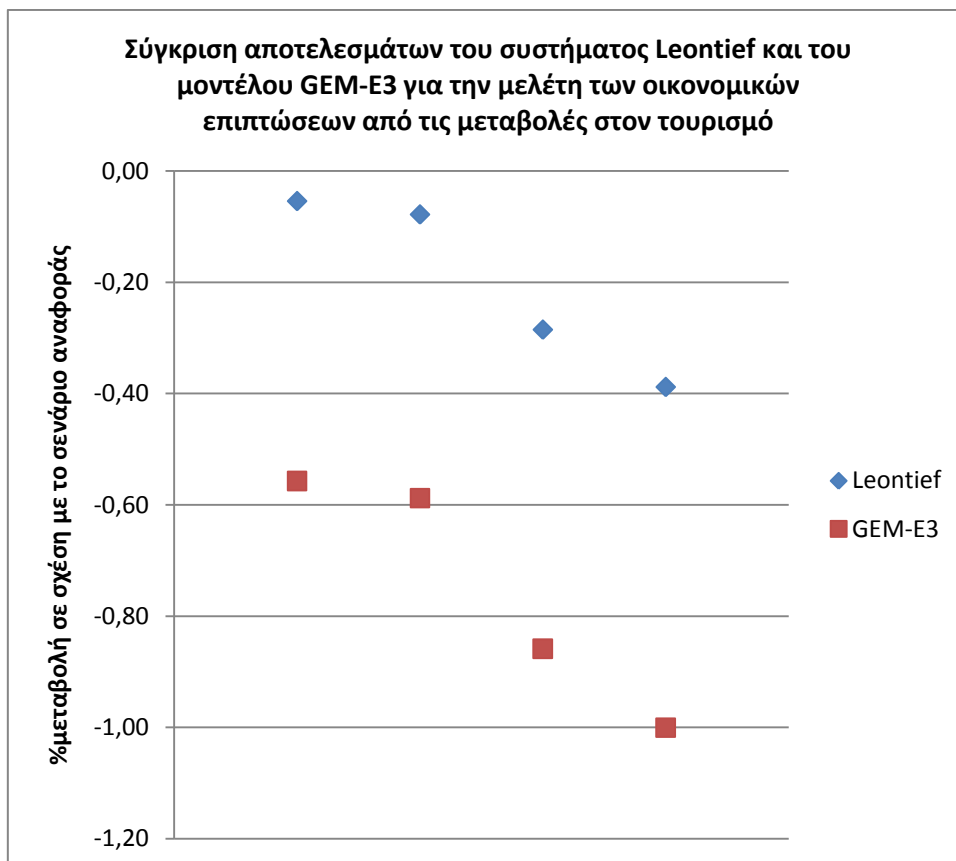
Μεταβολή στην θερμοκρασία	+2,5 °C	+3,9 °C	+4,1 °C	+5,4 °C
Μεταβολή στην τουριστική ζήτηση	1,161%	1,687%	6,138%	8,341%
Μεταβολή του ΑΕΠ	-0,054%	-0,078%	-0,285%	-0,388%

Τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο GEM-E3 για την μεταβολή του ΑΕΠ είναι:

Πίνακας 4.3-4: Αποτελέσματα του μοντέλου GEM-E3 για την μελέτη της επίπτωσης της τουριστικής ζήτησης στο ΑΕΠ της ελληνικής οικονομίας

Μεταβολή στην θερμοκρασία	+2,5 °C	+3,9 °C	+4,1 °C	+5,4 °C
Μεταβολή στην τουριστική ζήτηση	1,161%	1,687%	6,138%	8,341%
Μεταβολή του ΑΕΠ	-0,557%	-0,588%	-0,859%	-1,000%

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**), παρατηρούμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι οι παραδοχές και οι περιορισμοί που πλαισιώνουν το σύστημα του Leontief έχουν σαν αποτέλεσμα να υποτιμούνται οι επιπτώσεις στο σύνολο της οικονομίας. Ωστόσο, παρατηρούμε ότι οι μεταβολές του ΑΕΠ ακολουθούν σχεδόν ακριβώς τις μεταβολές που δίνει το μοντέλο GEM-E3. Γίνεται λοιπόν εμφανές, ότι το σύστημα του Leontief αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στην αποτύπωση της συμπεριφοράς μιας οικονομίας.



Διάγραμμα 3: Σύγκριση αποτελεσμάτων του συστήματος Leontief και του μοντέλου GEM-E3

4.4 Αποτελέσματα της μελέτης με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3

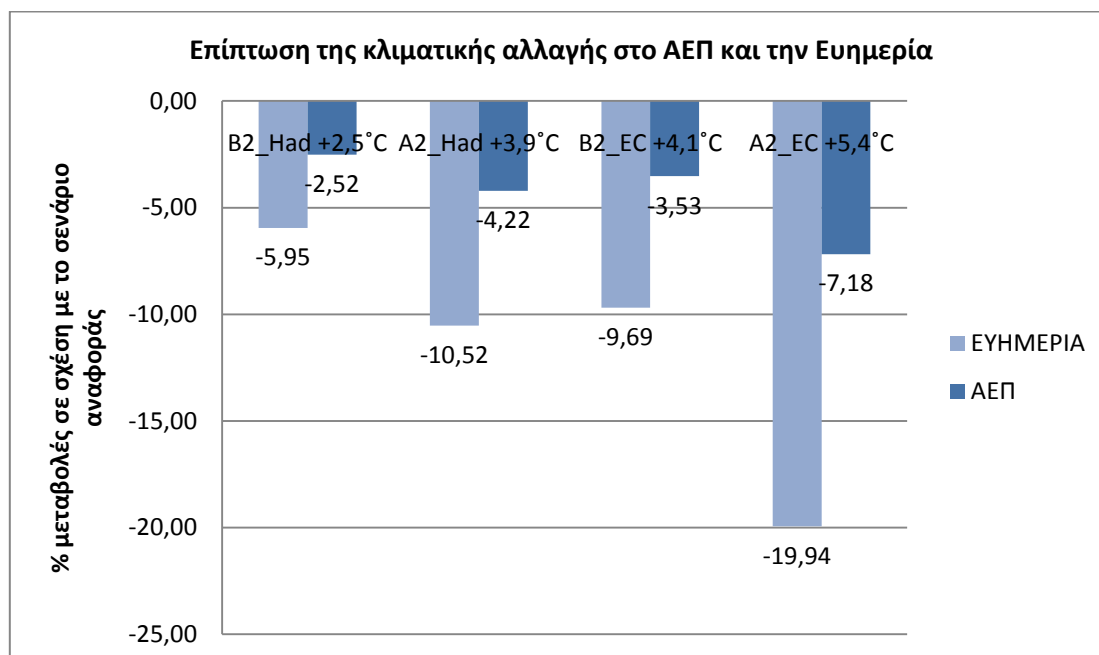
Στα προηγούμενα κεφάλαια, εκτιμήθηκαν οι φυσικές και οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην γεωργία, τις πλημμύρες ποταμών, τις παράκτιες περιοχές, τον τουρισμό, την υγεία, την διαθεσιμότητα του νερού, τις πυρκαγιές των δασών και την ζήτηση ενέργειας. Το σύνολο των εκτιμήσεων εισήχθη στο οικονομικό μοντέλο GEM-E3 προκειμένου να αποτυπωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική οικονομία. Τα αποτελέσματα παρέχουν μια ποιοτική εικόνα του τρόπου με τον οποίο μπορεί η κλιματική αλλαγή να επηρεάσει την ελληνική οικονομία και να καταδείξει ποιοι είναι οι τομείς αυτής που είναι περισσότερο ευάλωτοι.

Έχουν εξεταστεί τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής: B2_Had +2,5°C, A2_Had +3,9°C, B2_EC +4,1°C, A2_EC +5,4°C. Τα σενάρια αυτά έχουν προκύψει από την χρήση δυο κλιματικών μοντέλων και δυο σεναρίων κοινωνικό-οικονομικής εξέλιξης:

	Κλιματικό Μοντέλο	Κοινωνικό-οικονομικό Σενάριο	Αύξηση Θερμοκρασίας
B2_Had +2,5 C°	HadCM3	B2	+2,5 C°
A2_Had +3,9 C°	HadCM3	A2	+3,9 C°
B2_EC +4,1 C°	ECHAM4	B2	+4,1 C°
A2_EC +5,4 C°	ECHAM4	A2	+5,4 C°

Οι εκτιμήσεις για τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έγιναν για τις κλιματικές συνθήκες του 2050. Σκοπός είναι η **αποτίμηση των επιπτώσεων του κλίματος του 2050 στην οικονομία του σήμερα**. Με άλλα λόγια, θέλουμε να απαντήσουμε στην ερώτηση: «εάν είχαμε σήμερα το κλίμα του 2050 ποιες θα ήταν οι διαφορές στην ελληνική οικονομία;». Τα αποτελέσματά του δείχνουν την ποσοστιαία μεταβολή οικονομικών μεγεθών σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, που επιφέρουν οι υπολογισθείσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

4.4.1 Συνολική Αποτίμηση



Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ και της Ευημερίας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής

Χωρίς καμία δράση αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και θεωρώντας ότι οι κλιματικές συνθήκες του 2050 συμβαίνουν σήμερα, **οι απώλειες στο ΑΕΠ** σε σχέση με το σενάριο αναφοράς κυμαίνονται από **-2,52%** έως και **-7,18%**. **Οι απώλειες στην Ευημερία** των πολιτών είναι ακόμα μεγαλύτερες, καθώς κυμαίνονται από **-5,95%** για το περισσότερο ευνοϊκό σενάριο και **φτάνουν το -19,94%** για το περισσότερο δυσμενές σενάριο.

Άλλα αποτελέσματα της μελέτης είναι:

- **Η εγχώρια παραγωγή εμφανίζεται μειωμένη**, με μεγαλύτερες απώλειες στον τομέα των αγροτικών προϊόντων (από -5% έως -12,7%). **Εξάιρεση αποτελεί ο τομέας των κατασκευών**, ο οποίος εμφανίζει αύξηση της παραγωγής από 2,36% έως 6,73%. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην ανάγκη για αποκατάσταση ζημιών η οποία οδηγεί σε δαπάνες για κατασκευές τόσο από τα νοικοκυριά όσο και από την κυβέρνηση. Αύξηση στην παραγωγή εμφανίζουν και οι τομείς παραγωγής και επεξεργασίας μεταλλευμάτων, ο τομέας του ηλεκτρισμού και ο τομέας αγαθών εξοπλισμού. Την ίδια συμπεριφορά ακολουθεί και η εγχώρια ζήτηση.
- **Οι εισαγωγές** ακολουθούν αντίστοιχη συμπεριφορά με την εγχώρια παραγωγή. **Μειώνονται** συνολικά από -1,21% έως -3,94% ενώ εμφανίζεται αύξηση των εισαγωγών στους τομείς των κατασκευών, των μεταλλευμάτων, του ηλεκτρισμού και των εξοπλισμών. Επιπλέον, σημαντικά **αυξημένες** είναι οι **εισαγωγές των αγροτικών προϊόντων**, οι οποίες φτάνουν το 6% για το δυσμενέστερο σενάριο.
- Οι εξαγωγές εμφανίζονται αυξημένες σε όλους τους τομείς, γεγονός το οποίο εξηγείται από την μειωμένη εγχώρια ζήτηση προϊόντων. Εξάιρεση αποτελούν οι **εξαγωγές αγροτικών προϊόντων**, οι οποίες έχουν **απώλειες** από -11,47% και φτάνουν το -29,30%. Η μείωση της παραγωγικότητας του

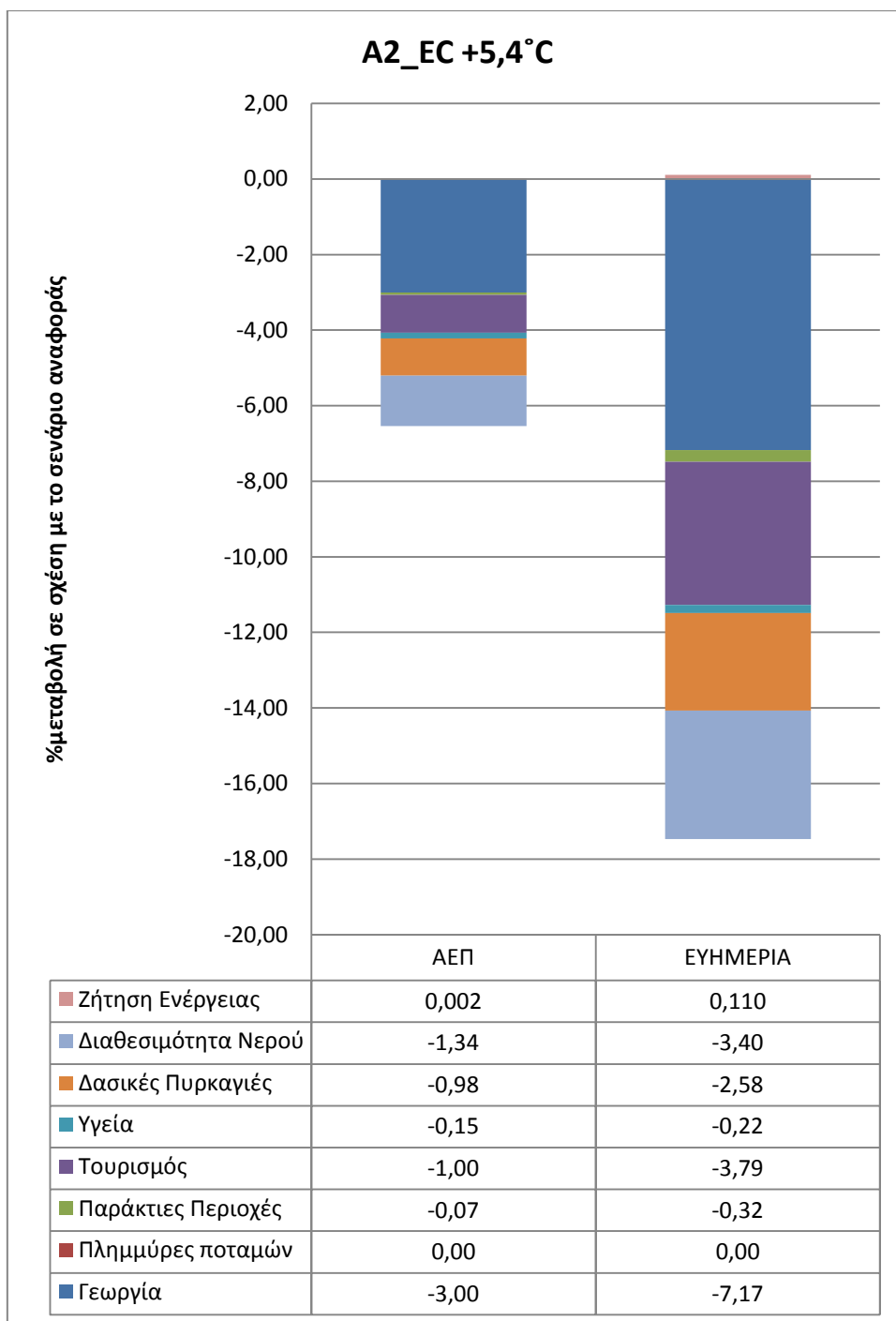
αγροτικού τομέα και η επερχόμενη μείωση της παραγωγής του έχουν σαν αποτέλεσμα να μπορεί να καλύψει μόνο την εγχώρια ζήτηση, η οποία κι αυτή εμφανίζεται μειωμένη σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

- **Συνολικά, η απασχόληση μειώνεται** από -0,64% έως -1,18% και παράλληλα **μειώνονται οι μισθοί**, από -2% έως -5,42%. Αύξηση της απασχόλησης εμφανίζεται στον αγροτικό τομέα (έως 15,8%) λόγω της μειωμένη παραγωγικότητας, στον τομέα των κατασκευών (έως 10,54%) καθώς και στους τομείς των μεταλλευμάτων, χημικών προϊόντων, ηλεκτρισμού και τέλος στον τομέα των εξοπλισμών. Η μείωση των μισθών εξηγεί και την μείωση του κόστους παραγωγής. Ωστόσο, πολύ **αυξημένο κόστος παραγωγής εμφανίζει ο αγροτικός τομέας** (από 9,27% έως 29,71%).
- **Η ενεργειακή ένταση** της οικονομίας **εμφανίζεται αυξημένη** από 0,47% έως 1,54%. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στον αγροτικό τομέα, του οποίου η ενεργειακή ένταση παραγωγής αυξάνεται από 3% έως 24,5%. Γενικότερα οι παραγωγικοί τομείς των οποίων η ενέργεια είναι σημαντικός συντελεστής παραγωγής, εμφανίζονται με αυξημένη ενεργειακή ένταση. Στους υπόλοιπους τομείς αντίθετα εμφανίζεται μειωμένη.

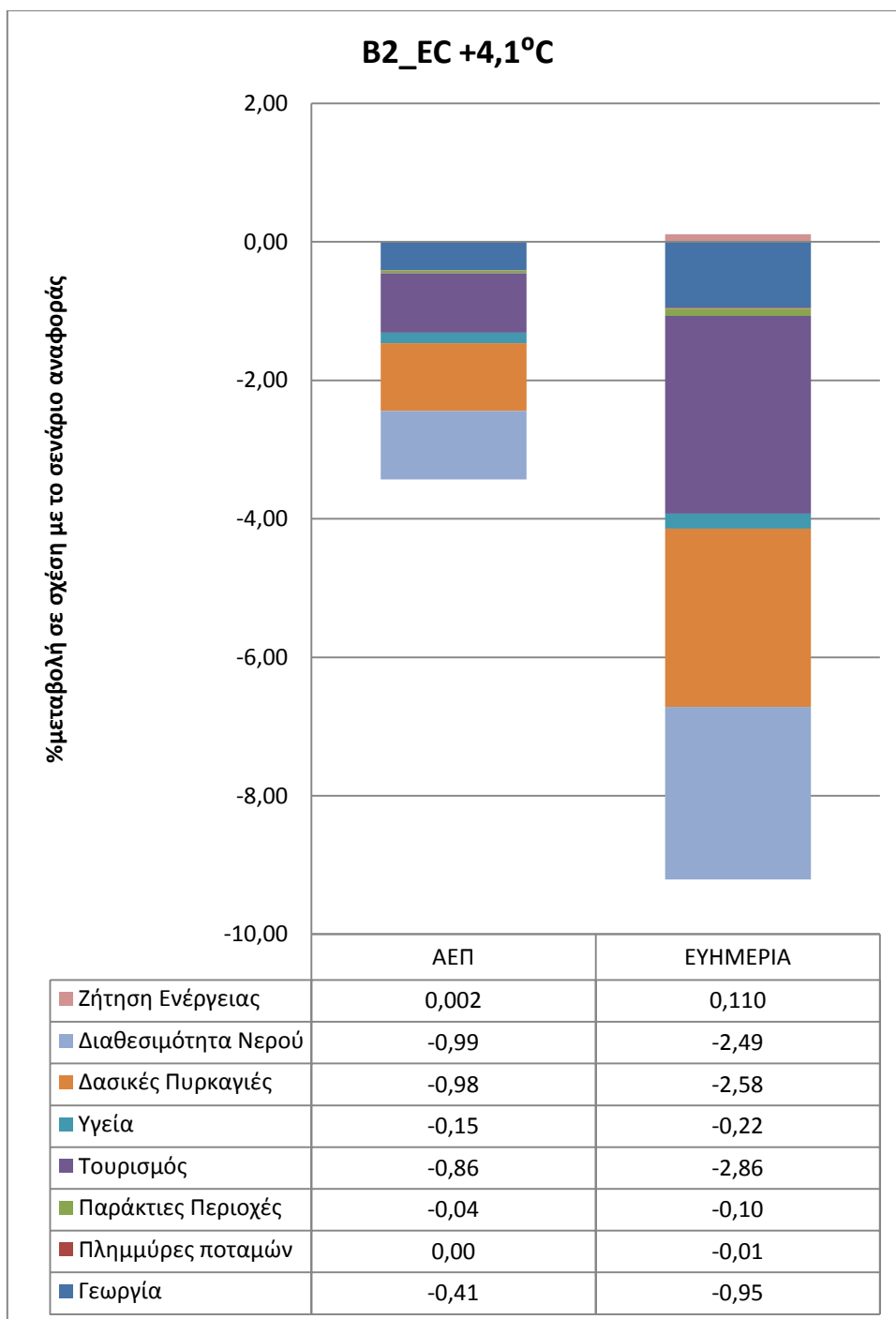
Επιπλέον, από το Διάγραμμα 4, γίνεται αντιληπτή η επίδραση των διαφορετικών κοινωνικό-οικονομικών σεναρίων στην εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Πιο συγκεκριμένα, το σενάριο B2_EC, παρ' όλο που αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη θερμοκρασιακή μεταβολή σε σχέση με το σενάριο A2_Had, παρουσιάζει μικρότερες συνολικές επιπτώσεις στην οικονομία. Στο σημείο αυτό να υπενθυμίσουμε πως το σενάριο A2 σημαίνει μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού και μικρότερη έμφαση σε πολιτικές οικονομικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας σε σχέση με το σενάριο B2. (αναλυτικά περιγραφή των σεναρίων γίνεται στο κεφάλαιο 2.2)

4.4.2 Ανάλυση των επιπτώσεων ανά τομέα της μελέτης

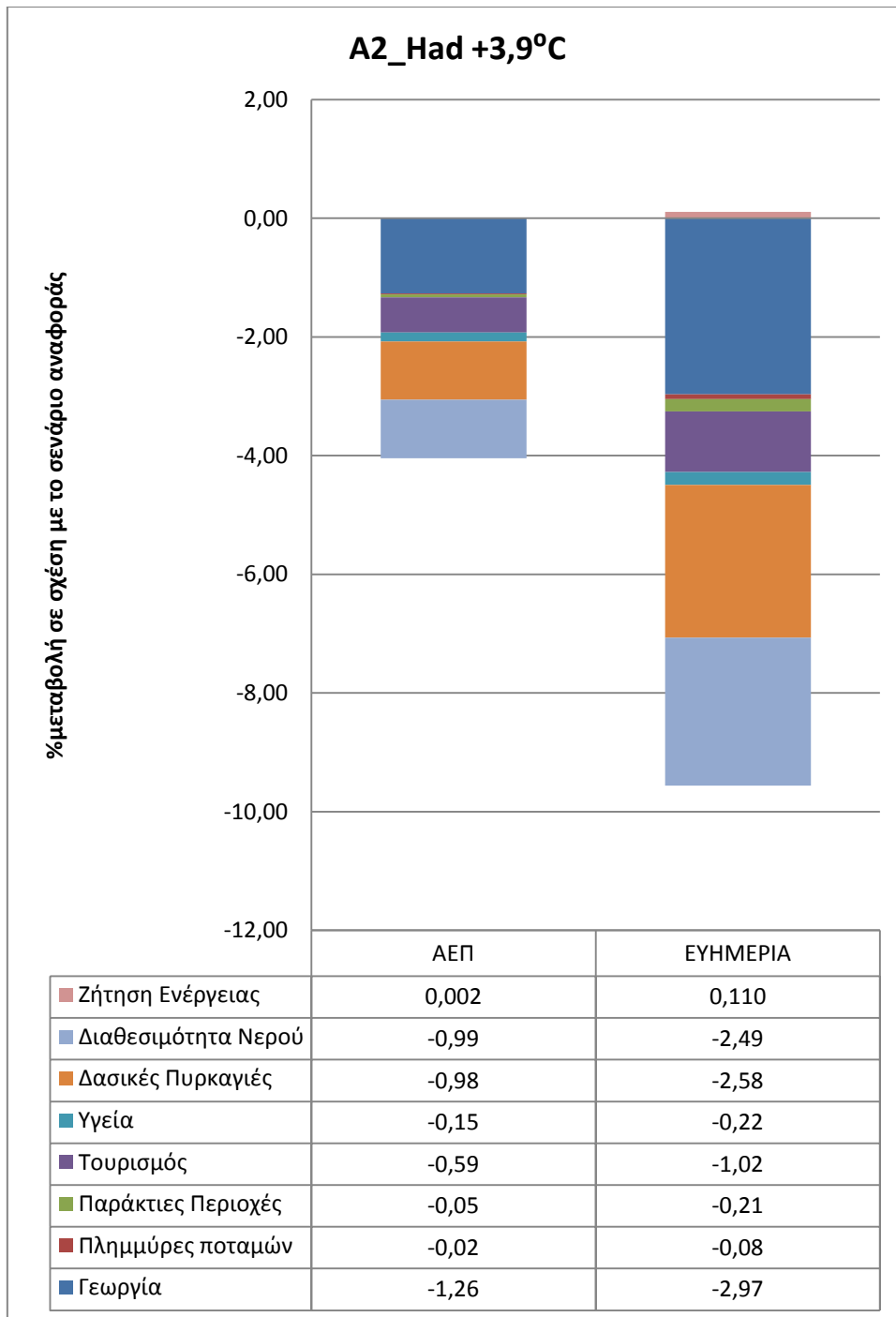
Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζεται ο τρόπος με το οποίο συνεισφέρει η επίπτωση σε καθέναν από τους οκτώ τομείς που μελετήθηκαν (γεωργία, πλημμύρες ποταμών, παράκτιες περιοχές, υγεία, τουρισμός, δασικές πυρκαγιές, διαθεσιμότητα νερού και ζήτηση ενέργειας) στην συνολική μείωση του ΑΕΠ και της ευημερίας των πολιτών, για τα τέσσερα σενάρια :



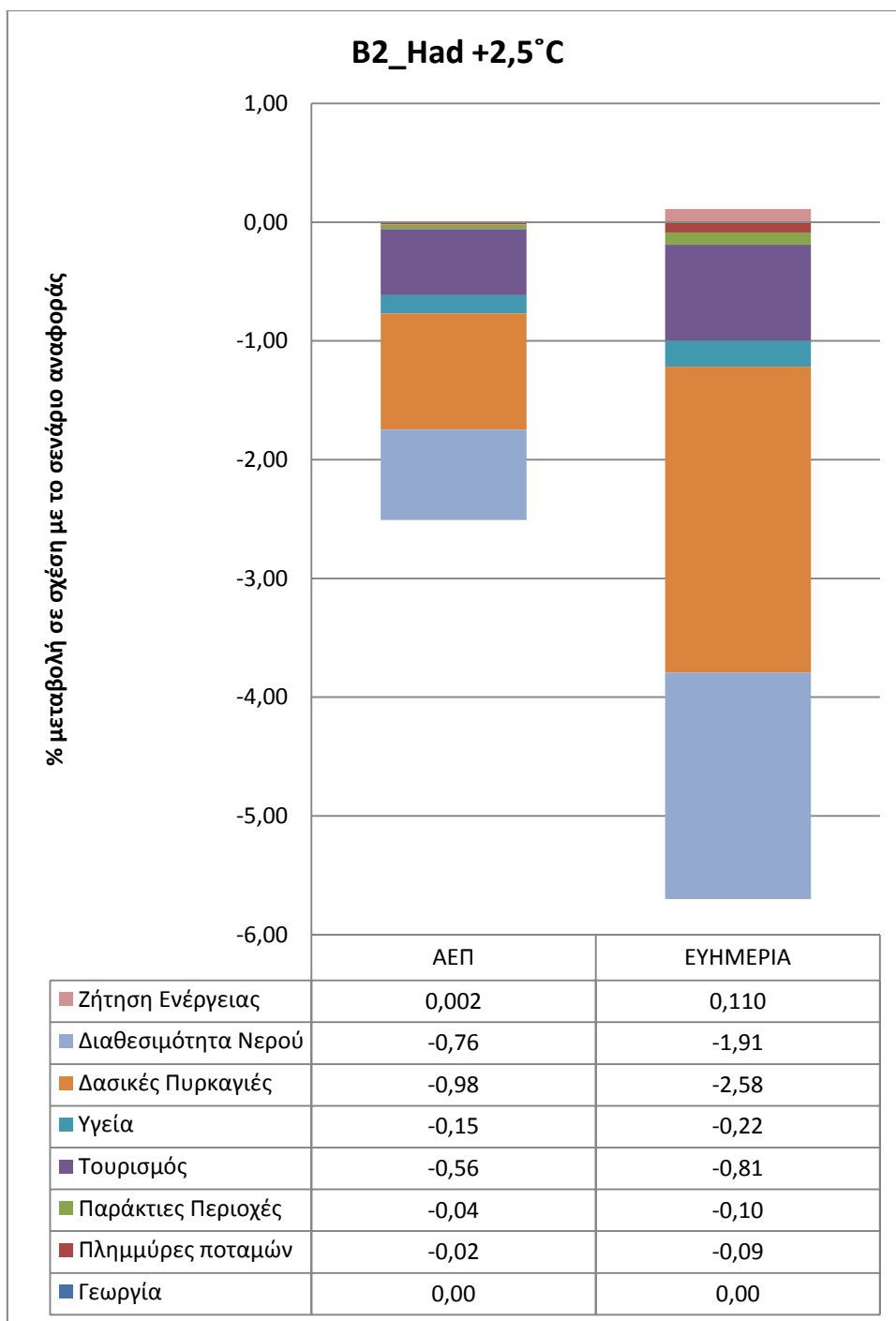
Διάγραμμα 5: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο A2_EC +5,4°C



Διάγραμμα 6: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο B2_EC +4,1°C



Διάγραμμα 7: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο A2_Had +3,9°C



Διάγραμμα 8: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο B2_Had +2,5°C

Στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι για τους τομείς της υγείας, των δασικών πυρκαγιών και της ζήτησης ενέργειας, έχει γίνει εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μόνο για ένα σενάριο (αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C). Οι εκτιμήσεις αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί και για τα τέσσερα σενάρια που εξετάζονται.

Παρατηρούνται τα εξής:

- Στην πτώση του ΑΕΠ συνεισφέρουν περισσότερο οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που αφορούν τους τομείς της γεωργίας, του τουρισμού, των δασικών πυρκαγιών και της διαθεσιμότητας νερού. Να επισημανθεί ότι στην παρούσα εργασία, έχουν μελετηθεί μόνο οι επιπτώσεις από την μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στην γεωργία.
- Οι μεταβολές στην ζήτηση ενέργειας εμφανίζουν μικρή, ωστόσο θετική επίδραση στο ΑΕΠ και την Ευημερία. Να υπενθυμίσουμε ότι στον τομέα της ζήτησης ενέργειας εκτιμάται μείωση της ζήτησης ενέργειας από πετρέλαιο και αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού και συνολικά αύξηση στην ζήτηση ενέργειας. Περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η αύξηση στην ζήτηση ενέργειας συνολικά προκαλεί μείωση στο ΑΕΠ. Η αρνητική αυτή επίδραση αντισταθμίζεται και τελικά αναιρείται από την αλλαγή στην κατανομή της καταναλισκόμενης ενέργειας εις βάρος της κατανάλωσης πετρελαίου (μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου και αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού). Το γεγονός αυτό εξηγείται από το ότι το πετρέλαιο εισάγεται εξ' ολοκλήρου στην ελληνική οικονομία, επιβαρύνοντας το ΑΕΠ. Συνεπώς η μείωση της κατανάλωσής του έχει θετική επίδραση.
- Οι πλημμύρες ποταμών και οι επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές είναι σύμφωνα με την μελέτη αυτή οι τομείς που πλήττονται λιγότερο από την κλιματική αλλαγή.

4.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Καθώς η παρούσα μελέτη των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής έχει βασιστεί σε στοιχεία τα οποία δεν είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων μελετών για την Ελλάδα, μεγαλύτερη αξία από την παρουσίαση των αριθμητικών αποτελεσμάτων έχει η ανάλυση ευαισθησίας που μπορεί να γίνει με βάση αυτά. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά αποτελέσματα που προκύπτουν για κάθε σενάριο, καθώς και αποτελέσματα από περαιτέρω δοκιμές, ανιχνεύτηκε ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλεται το ΑΕΠ όσο αυξάνεται η ένταση των επιπτώσεων για κάθε τομέα. Τελικά, μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με το ποιές μεταβολές της κλιματικής αλλαγής συνεισφέρουν περισσότερο στην πτώση του ΑΕΠ. Τέτοιου είδους συμπεράσματα είναι εξαιρετικά χρήσιμα στο να καταδείξουν που πρέπει να εστιάσει η λήψη αποφάσεων σχετικά με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την αντιμετώπισή της.

Πίνακας 4.4-1: Σχετική μεταβολή του ΑΕΠ σε κάθε τομέα της μελέτης

Μεταβολή ΑΕΠ	
Γεωργία	-0,16% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα
Πλημμύρες Ποταμών	Μεταβολή της τάξης του -10⁻⁴% για αύξηση 1 εκ. € του κόστους των πλημμύρων των ποταμών
Παράκτιες Περιοχές	Μεταβολή της τάξης του -10⁻⁵% για αύξηση 1 εκ. € του κόστους των πλημμύρων των παράκτιων περιοχών
Τουρισμός	-0,3% έως -0,5% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή της τουριστικής ζήτησης για μικρές μεταβολές αυτής. Όσο αυξάνει η μεταβολή, ο ρυθμός πτώσης του ΑΕΠ μειώνεται στο 0,14% ανά ποσοστιαία

	μεταβολή της ζήτησης
Υγεία	-0,0015% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγικότητας των εργατών
Δασικές Πυρκαγιές	-0,009% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή του κόστους των πυρκαγιών
Διαθεσιμότητα Νερού	-0,10% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγικότητας του κεφαλαίου του αγροτικού τομέα
Ζήτηση Ενέργειας	Μεταβολή της τάξης του -10⁻⁴% για κάθε ποσοστιαία μεταβολή στην ζήτηση ενέργειας

Παρατηρήσεις:

- Σύμφωνα με τα παραπάνω, **οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που αφορούν την γεωργία και τον τουρισμό συνεισφέρουν περισσότερο στην πτώση του ΑΕΠ.**
- Η μεταβολή του ΑΕΠ σε σχέση με την μεταβολή της έντασης των επιπτώσεων δεν είναι γραμμική. Η τιμή της ευαισθησίας είναι μια χαρακτηριστική τιμή, αντιπροσωπευτική για το περιορισμένο εύρος της έντασης των επιπτώσεων στα σενάρια που μελετήθηκαν. Εμφανή μη γραμμικότητα στην μεταβολή του ΑΕΠ παρουσίαζαν οι τομείς:
 - της γεωργίας. Η σχετική μείωση του ΑΕΠ για κάθε ποσοστιαία μεταβολή στην παραγωγικότητα αυξάνει για μεγαλύτερες τιμές της μείωσης της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.
 - του τουρισμού. Ο τομέας του τουρισμού εμφανίζει μια ιδιαίτερη συμπεριφορά. Για μικρή μείωση της ζήτησης του τουρισμού, το ΑΕΠ μεταβάλλεται απότομα, με ρυθμό -0,5% ανά ποσοστιαία μονάδα μεταβολής της ζήτησης τουρισμού, ενώ για μεγαλύτερες τιμές, ο ρυθμός γίνεται ομαλότερος και περιορίζεται στο -0,12% με -0,14% ανά ποσοστιαία μονάδα. Η αλλαγή αυτή φαίνεται και στο σύνολο των οικονομικών επιπτώσεων του τουρισμού και υπονοεί την ανάγκη για σταδιακή απεξάρτηση της οικονομίας από τον τουρισμό λόγω της κλιματικής αλλαγής.
- Οι οικονομικές επιπτώσεις από τις πλημμύρες ποταμών και τις καταστροφές στις παράκτιες περιοχές εμφανίζουν να έχουν την μικρότερη επίδραση στο ΑΕΠ.

4.5 Εκτίμηση του κόστους της μη δράσης

Το κόστος της μη δράσης έχει υπολογιστεί σαν ποσοστό του ΑΕΠ του 2010. Θεωρείται ότι το ποσοστό αυτό αντανακλά την μείωση του ΑΕΠ και στο έτος 2050. Σύμφωνα με την βάση δεδομένων που έχει χρησιμοποιηθεί, το ΑΕΠ του 2050 προσεγγίζεται στα 481,767 δισεκατομμύρια ευρώ, σε αξίες του 2005. Επομένως, το κόστος της μη δράσης για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής που έχουν αναπτυχθεί, είναι:

Πίνακας 4.5-1: Ετήσιο κόστος της κλιματικής αλλαγής στο σενάριο της μη δράσης

Σενάρια	B2_Had +2,5°C	A2_Had +3,9°C	B2_EC +4,1°C	A2_EC +5,4°C
Ετήσιο κόστος της μη δράσης (δισ. €, αξίες του 2005)	12,137	20,309	16,996	34,573

Γίνεται η παραδοχή ότι το κόστος αυτό βαραίνει την ελληνική οικονομία κατ' έτος, και είναι σταθερό για την περίοδο 2040-2070.

Κεφάλαιο 5: Μελέτη του κόστους του μετριασμού

Η μελέτη των δράσεων που πρέπει να πάρει η Ελλάδα για να ικανοποιήσει τις προϋποθέσεις μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, βασίζεται στο ενεργειακό μοντέλο PRIMES, το οποίο προσομοιώνει τις οικονομικές και τεχνικές αποφάσεις των παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους με τις ενεργειακές αγορές. Για τους σκοπούς της μελέτης δημιουργήθηκαν δυο σενάρια, ένα σενάριο αναφοράς (Baseline 2009) και το σενάριο μετριασμού (Mitigation).

5.1 Διαμόρφωση σεναρίων

5.1.1 Baseline 2009: Σενάριο Αναφοράς

Το σενάριο αναφοράς διαμορφώθηκε με βάση τις πολιτικές που αφορούν την παραγωγή ενέργειας, όπως αποφασίστηκαν στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης την άνοιξη του 2009 και τις οποίες η χώρα μας είναι δεσμευμένη να ακολουθήσει. Η πολιτική που προωθήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι γνωστή ως «20-20-20 έως το 2020» και περιλαμβάνει για όλες τις χώρες την δέσμευση μέχρι το 2020 για 20% μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, 20% μείωση στην κατανάλωση ενέργειας μέσω της βελτίωσης της απόδοσης της κατανάλωσης ενέργειας και 20% είσοδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή (η τελευταία αυτή οδηγία δεν είναι δεσμευτική). Συνολικά, οι παραδοχές πολιτικής που έγιναν για το σενάριο αναφοράς σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες είναι:

- Οδηγίες και κανονισμοί για την ενεργειακή απόδοση ενεργειακών συσκευών, κτιρίων, επιγραφών, φωτισμού, λεβήτων
- Κανονισμοί για τα νέα αυτοκίνητα, οι οποίοι περιλαμβάνουν ποινή για: εκπομπές άνω των 135 gCO₂/km το 2015, 115 gCO₂/km το 2020 και 95 gCO₂/km το 2025
- Δυναμική ένταξη ΑΠΕ, υποστήριξη της εθνικής πολιτικής για ένταξη 20% ΑΠΕ μέχρι το 2020
- Οδηγία για μονάδες συμπαραγωγής
- Οδηγία σχετική με τις μεγάλες μονάδες εσωτερικής καύσης, οδηγία IPCC, περιορισμοί σχετικά με τα ανώτατα επίπεδα εκπομπών
- Οδηγία σχετικά με την ένταξη μονάδων με τεχνολογίες CCS (αποθήκευσης άνθρακα)
- Σταδιακή εναρμόνιση στους φόρους κατανάλωσης για την ενέργεια
- Οδηγία σχετική με το εμπόριο εκπομπών ρύπων ETS (emissions trading scheme), η οποία περιλαμβάνει:
 - a) Μείωση των παρεχόμενων αδειών εκπομπών μετά το 2030
 - b) Επέκταση των κανονισμών του ETS ώστε να περιλαμβάνουν και τις αερομεταφορές
 - c) Πλήρης δημοπράτηση των αδειών εκπομπών (αντί να μοιράζεται μέρος του δωρεάν)
- Διαμόρφωση εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου

5.1.2 Mitigation: Σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

Ο περιορισμός της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2°C (σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή) είναι δυνατός αν η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σταθεροποιηθεί στα 450ppm. Αυτό σημαίνει ότι οι σωρευτικές εκπομπές CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο δεν πρέπει να υπερβούν το 1 τρισεκατομμύριο τόνους ισοδύναμου CO₂ την περίοδο 2005 με 2050. Δεδομένου ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παριστάνουν περίπου το 75% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (και η μείωση των εκπομπών εκτός CO₂ από τους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας έχει περιορισμένες δυνατότητες), οι εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων πρέπει να μειωθούν δραστικά μέχρι το 2050 ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των 2°C.

Το σενάριο Mitigation είναι συμβατό με τον στόχο των 450ppm, και είναι διαμορφωμένο στα πλαίσια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 75%, μηδενίζοντας σχεδόν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την ηλεκτροπαραγωγή. Για το σενάριο *Mitigation* έγιναν οι ακόλουθες βασικές παραδοχές:

- Το ενεργειακό σύστημα αναπτύσσεται μέχρι το 2020 ούτως ώστε να ανταποκρίνεται στους στόχους και τις υποχρεώσεις που υιοθετήθηκαν το 2008 από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Πέρα από το 2020, οι εκπομπές μειώνονται κατά 40% μέχρι το 2030 και κατά 75% μέχρι το 2050, σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990.
- Ο ηλεκτρισμός γίνεται η κύρια πηγή ενέργειας των μεταφορών, με την ανάπτυξη υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων.
- Είναι διαθέσιμες όλες οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (με εξαίρεση την πυρηνική τεχνολογία). Οι στόχοι επιτυγχάνονται παράλληλα με την εξέλιξη τεχνολογιών, σε όλους τους τομείς παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας.
- Τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS¹⁸) είναι διαθέσιμες από το 2025.
- Μετά το 2020 δεν τίθενται δεσμευτικοί στόχοι για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Οι μηχανισμοί υποστήριξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παραμένουν ως έχουν μέχρι το 2020 και σταδιακά αποδεδμεύονται μέσα στην επόμενη δεκαετία (2020-2030).
- Προωθείται η αύξηση της απόδοσης της ενεργειακής κατανάλωσης μέσα από την εφαρμογή κατάλληλων περιοριστικών πολιτικών, κάτι το οποίο μειώνει τον ρυθμό αύξησης της ζήτησης ενέργειας.
- Η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα (carbon-value) εφαρμόζεται ομοιόμορφα σε όλους τους οικονομικούς τομείς, όχι μόνο σε αυτούς που περιλαμβάνονται στο σύστημα εμπορίας εκπομπών (emissions trading scheme, ETS), έτσι ώστε μετά το 2020 όλοι οι «ρυπαντές» να πληρώνουν για τις εκπομπές τους.
- Μετά το 2030, η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται η μόνη κινητήρια δύναμη της αγοράς για την ανάπτυξη τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Γίνεται ακόμα η παραδοχή πως όλοι οι οικονομικοί παράγοντες δρουν στα πλαίσια της τέλει πληροφόρησης, χωρίς αβεβαιότητα, προβλέποντας τους στόχους, τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα και την διαθεσιμότητα των τεχνολογιών.

¹⁸ CCS: Carbon Capture and Storage

5.2 Αποτελέσματα της μελέτης με το ενεργειακό μοντέλο PRIMES

Για την επίτευξη του στόχου της **μείωσης κατά 75% των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050**, οι ενέργειες που πρέπει να ληφθούν σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου PRIMES παρουσιάζονται συνοπτικά:

- **Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης** κτιρίων, ηλεκτρικών συσκευών κλπ.
- **Αναβάθμιση του συστήματος διανομής και μεταφοράς.**
- **Εξοικονόμηση ενέργειας** σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (*Baseline 2009*) σε ποσοστό 8% μέχρι το 2030 και 26% μέχρι το 2050.
- **Εξηλεκτρισμό των οδικών μεταφορών** σε ποσοστό 7% μέχρι το 2030 και 46% μέχρι το 2050.
- **Συμμετοχή των ΑΠΕ** στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 38% μέχρι το 2030 και 46% το 2050.
- **Χρήση τεχνολογιών CCS** στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα.
- Εκτεταμένη **χρήση τεχνολογίας συμπαραγωγής** και της **βιομάζας** για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού.

Ο άξονας της μείωσης των εκπομπών είναι η αύξηση της τιμής του διοξειδίου του άνθρακα (carbon value). Συνεπώς, οι παραγωγοί ενέργειας καλούνται να πληρώσουν όλο και περισσότερο για να αποκτήσουν άδειες εκπομπών κάτι το οποίο περνάει στους καταναλωτές μέσω της αύξησης των τιμών ενέργειας. Οι καταναλωτές αναλαμβάνουν παράλληλα και το κόστος των δικών τους εκπομπών. Η συνεχής αυτή αύξηση του κόστους ενέργειας, επιφέρει την ανάγκη για υποκατάσταση των υπάρχουσών τεχνολογιών με τεχνολογίες χαμηλότερων εκπομπών, αλλά καθώς οι υποκαταστάσεις δεν μπορούν να είναι τέλειες, το συνολικό κόστος της ενέργειας αυξάνει.

Συνεπώς, υπεισέρχεται η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας. Βραχυπρόθεσμα, η εξοικονόμηση γίνεται μέσω της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, όπου αυτό είναι δυνατόν, ανάλογα με τους τεχνικούς περιορισμούς και την συσχέτιση χρησιμότητας-κατανάλωσης ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, οι επενδύσεις στρέφονται σε περισσότερο αποδοτικές τεχνολογίες και παράλληλα, αναλαμβάνουν έξοδα τα οποία μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση των υπάρχουσών τεχνολογιών καθώς και των κτηρίων.

Η μείωση στην ζήτηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη στην μείωση των εκπομπών, καθώς «εξοικονομεί» εκπομπές τόσο άμεσα στις τελικές καταναλώσεις, όσο και έμμεσα στην παραγωγή ενέργειας, ενώ παράλληλα είναι και η πιο οικονομική μορφή μείωσης εκπομπών. Επομένως, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι η σημαντικότερη δράση για την μείωση των εκπομπών.

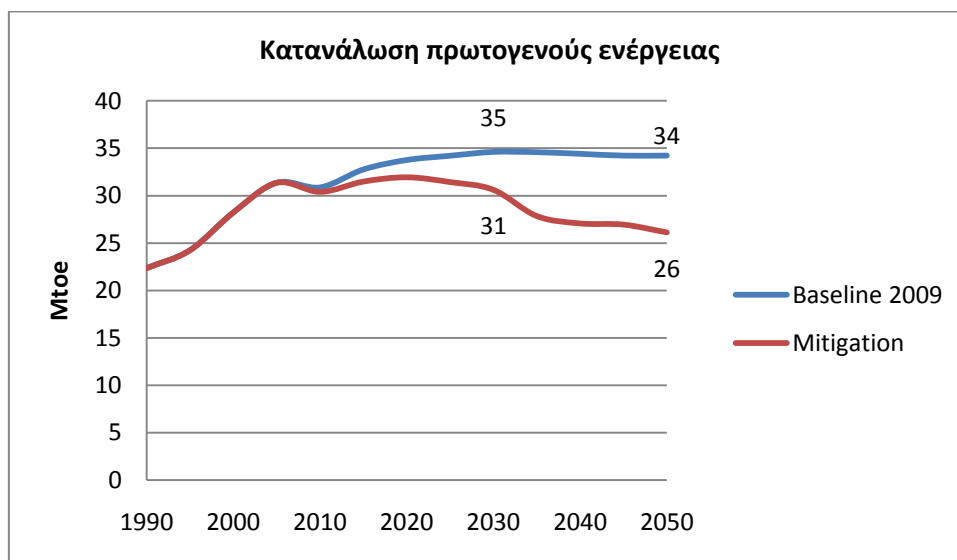
Η ανάλυση δείχνει πως ο ηλεκτρισμός είναι ζωτικής σημασίας για την μείωση των εκπομπών στα επιθυμητά επίπεδα, με τρεις τρόπους: με την διαθεσιμότητα πολλών επιλογών τεχνολογιών παραγωγής χαμηλών εκπομπών που μπορούν να οδηγήσουν στην απανθρακοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής, με την ενίσχυση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε όλους του τομείς ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, με την διείσδυση του ηλεκτρισμού στις οδικές μεταφορές.

Οι σχεδόν μηδενικές εκπομπές άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή αποδεικνύεται εφικτός στόχος. Για την απανθρακοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής, χρειάζεται να αυξηθεί σημαντικά η παραγωγή από ΑΠΕ και να εφαρμοστούν τεχνολογίες CCS (αποθήκευσης άνθρακα) σε όλες τις μονάδες άνθρακα. Παράλληλα, η παραγωγή από φυσικό αέριο διατηρείται και επεκτείνεται, κυρίως για χρήσεις εφεδρείας, για την εξασφάλιση της ευστάθειας και σε μικρές μονάδες συμπαραγωγής. Η απανθρακοποίηση αποτελεί μια περίπλοκη και ευρεία διαδικασία η οποία οφείλει να ξεκινήσει αρκετά νωρίς και να συνεχιστεί για μακρά περίοδο.

Οι επενδύσεις σε όλους τους τομείς της ενέργειας (ζήτησης και παραγωγής) που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την αναβάθμιση των υποδομών του δικτύου μεταφοράς, πρέπει επίσης να επιταχυνθούν άμεσα, ενώ πρέπει παράλληλα να θεσπιστεί το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητά τους. Στον τομέα της παραγωγής ενέργειας, οι επενδύσεις που απαιτούνται είναι επίσης σε υψηλά επίπεδα καθώς εγκατεστημένοι μη αποδοτικοί σταθμοί παραγωγής θα χρειαστεί να τεθούν εκτός λειτουργίας πρόωρα ή να διατηρηθούν σε χαμηλή κατάσταση λειτουργίας (για χρήσεις εφεδρείας). Ακόμη, η είσοδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προϋποθέτει επενδύσεις έντασης κεφαλαίου υψηλού κόστους και επιπλέον διαμόρφωση του συστήματος διανομής και μεταφοράς.

Οι συνέπειες στο κόστος παραγωγής ενέργειας και στην τιμή του ηλεκτρισμού κυμαίνεται σε ανεκτά επίπεδα, καθώς όπως θα δούμε στην συνέχεια, δεν αποκλίνει σημαντικά από το αντίστοιχο κόστος στο σενάριο αναφοράς. Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε με περισσότερη λεπτομέρεια τα αποτελέσματα του μοντέλου PRIMES:

5.2.1 Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας



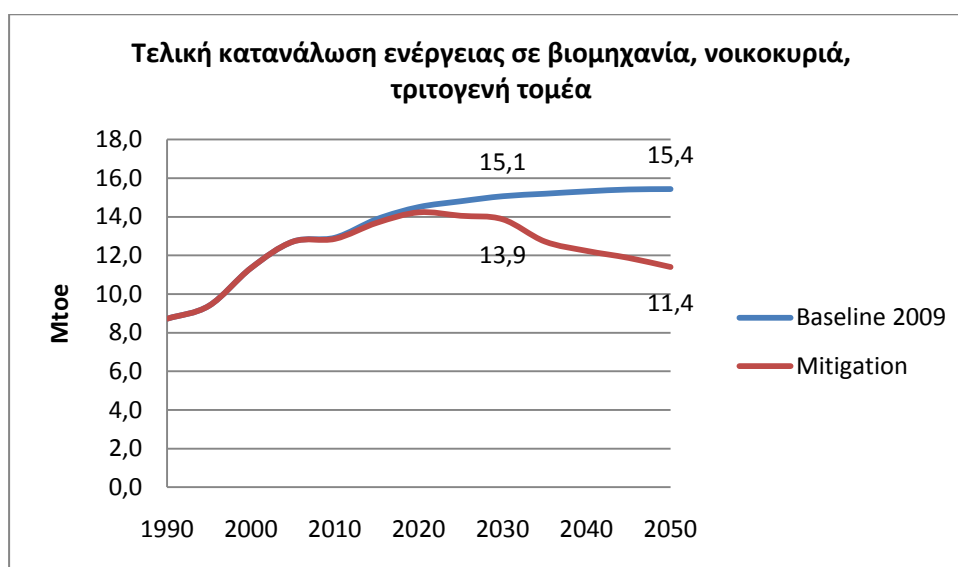
Διάγραμμα 9: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε Mtoe για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation

Στο σενάριο *Mitigation*, η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας εμφανίζεται κατά 12% μειωμένη σε σχέση με το σενάριο *Baseline 2009* το 2030, και 24% μειωμένη το 2050. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της μείωσης, οφείλεται στο ότι, στις οδικές μεταφορές και στην οικιακή θέρμανση, η κατανάλωση ηλεκτρισμού

υποκαθιστά τις σχετικά λιγότερο αποδοτικές καταναλώσεις πετρελαίου και αερίου. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει η βελτιωμένη μόνωση των κτηρίων καθώς και η βελτίωση της αποδοτικότητας των υπάρχουσών ηλεκτρικών συσκευών.

5.2.2 Τελική κατανάλωση ενέργειας

Το σενάριο *Mitigation* περιλαμβάνει βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους του τομείς , με μεγαλύτερη την αύξηση της απόδοσης στις οικιακές καταναλώσεις και στις υπηρεσίες. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης οδηγεί σε εξοικονόμηση στις στατικές¹⁹ καταναλώσεις ενέργειας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και μείωση της τελικής κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση ενέργειας στις στατικές καταναλώσεις φτάνει το 7% το 2030 και το 22% το 2050.



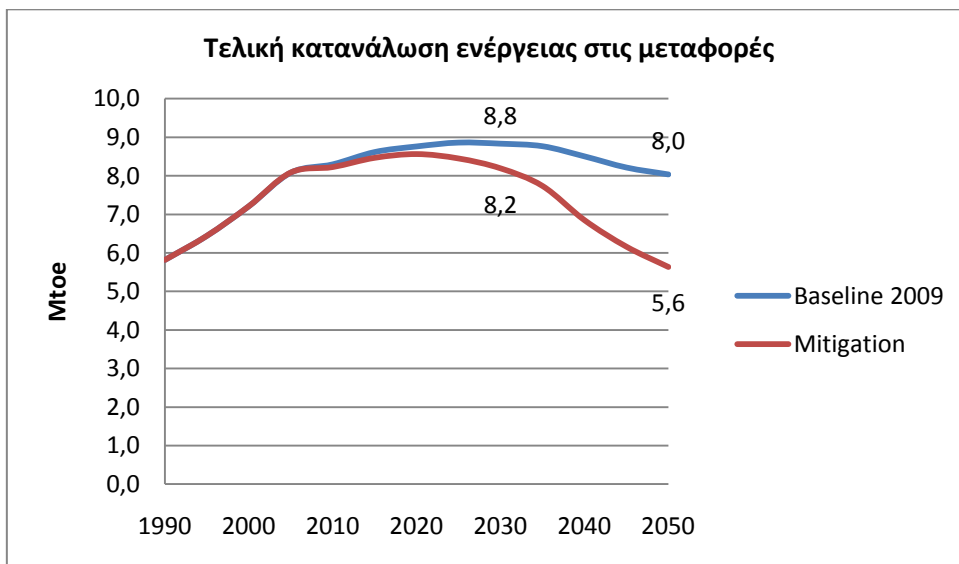
Διάγραμμα 10: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (σε Mtoe) στις στατικές χρήσεις για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation

Στο σενάριο αναφοράς, η κατανάλωση ενέργειας σταθεροποιείται, γεγονός που αντικατοπτρίζει την σημαντική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, η σταθεροποίηση αυτή δεν είναι αρκετή για να καλυφθούν οι φιλόδοξοι στόχοι του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

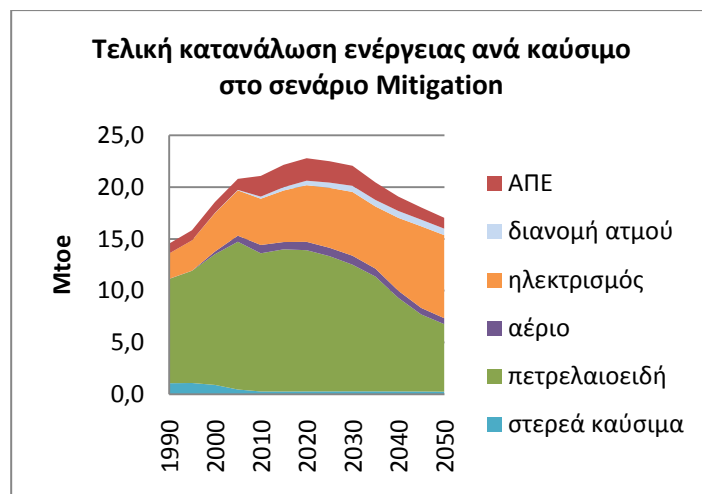
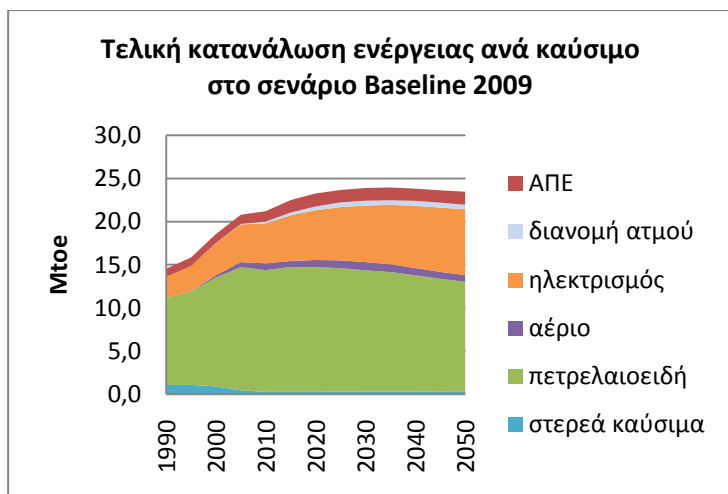
Να σημειωθεί ότι το σενάριο *Baseline 2009* περιλαμβάνει μεγάλο μέρος των ρυθμίσεων εξοικονόμησης ενέργειας που περιλαμβάνει και το σενάριο *Mitigation*. Οι επιπτώσεις στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από πρόσθετα αντίστοιχα μέτρα που περιλαμβάνει το σενάριο *Mitigation* είναι στοιχειώδεις. Η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας που παρουσιάζουν τα δυο σενάρια, είναι κυρίως αποτέλεσμα των υψηλών τιμών διοξειδίου του άνθρακα και στην επιβολή αυτών των τιμών σε όλους τους οικονομικούς τομείς.

¹⁹ Ως στατικές καταναλώσεις ενέργειας χαρακτηρίζονται οι καταναλώσεις που δεν αφορούν τον τομέα των μεταφορών. Περιλαμβάνουν τις καταναλώσεις στην βιομηχανία, τα νοικοκυριά και τον τριτογενή τομέα (υπηρεσίες και γεωργία).

Στον τομέα των μεταφορών, η μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στο σενάριο *Baseline 2009* οφείλεται στην διεύρυνση της τεχνολογίας υβριδικών οχημάτων και στους κανονισμούς εκπομπών που θεσπίζονται για τις μεταφορές. Στο σενάριο *Mitigation*, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι αποτέλεσμα του εξηλεκτρισμού των μεταφορών - η τελική κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη κατανάλωση οχημάτων συμβατών τεχνολογιών. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς φτάνει το 7% το 2030 και το 30% το 2050.



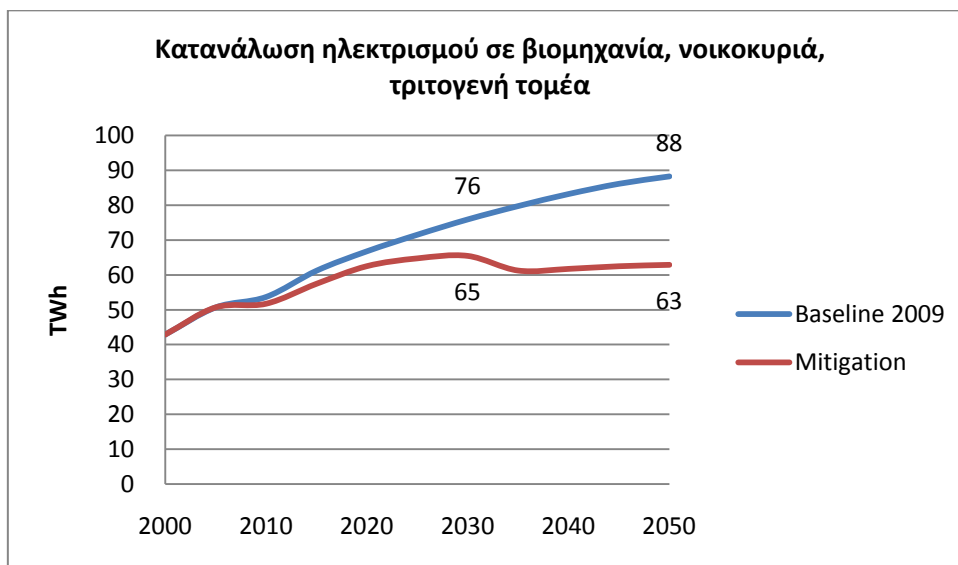
Διάγραμμα 11: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (σε Mtoe) στις μεταφορές για τα σενάρια *Baseline 2009* και *Mitigation*



Διάγραμμα 12: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για τα σενάρια *Baseline 2009* και *Mitigation*

5.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρισμού

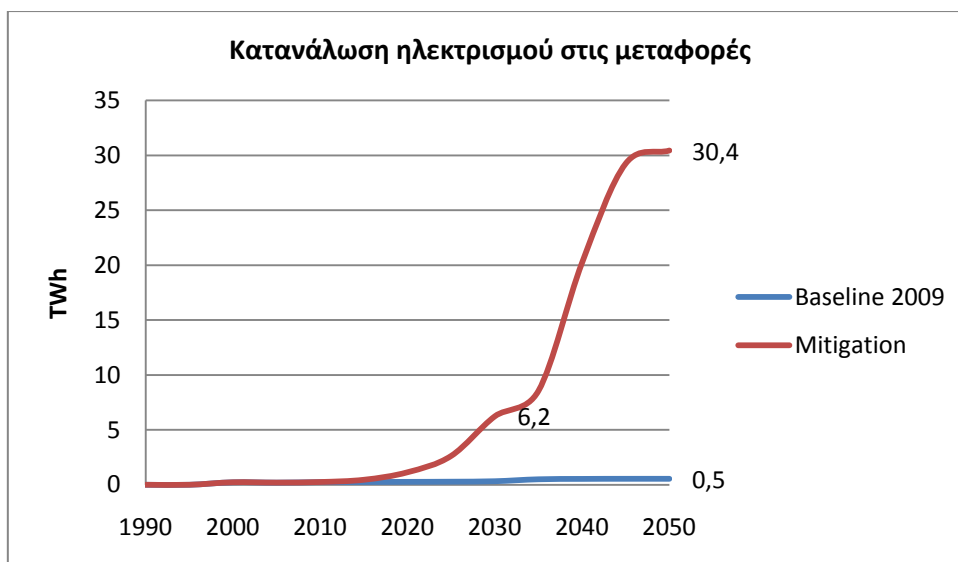
Ο ηλεκτρισμός γίνεται η κυρίαρχη μορφή ενέργειας τόσο στο σενάριο του μετριασμού όσο και στο σενάριο αναφοράς, υποκαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα. Στο σενάριο *Mitigation* η σταδιακή απανθρακοποίηση του ηλεκτρισμού επιβάλλει την υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων από ηλεκτρισμό προκειμένου να καλυφθούν οι στόχοι μείωσης των εκπομπών. Η διαδικασία της υποκατάστασης γίνεται παράλληλα με την εντυπωσιακή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση τόσο ενέργειας όσο και ηλεκτρισμού, ειδικά στις στατικές καταναλώσεις ενέργειας.



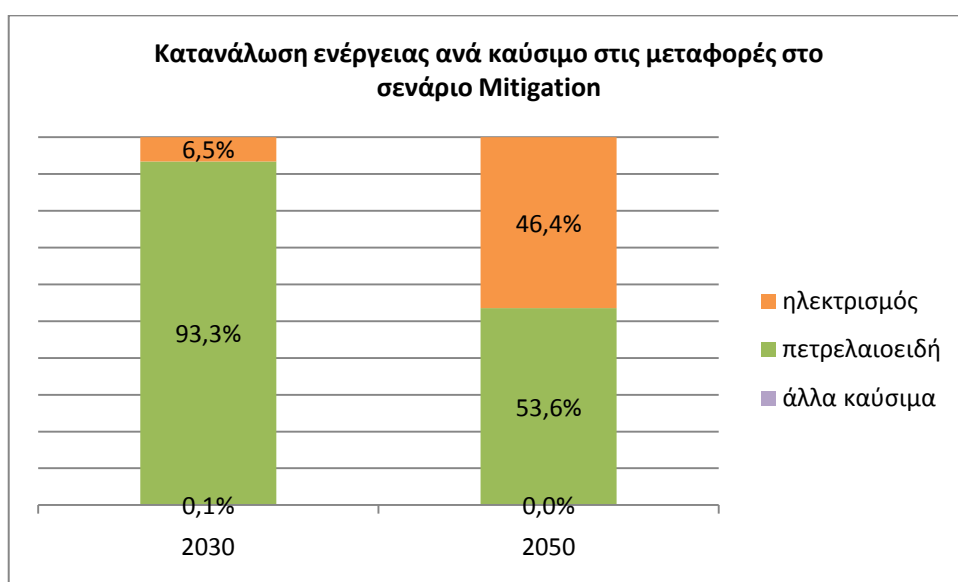
Διάγραμμα 13: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στις στατικές καταναλώσεις ενέργειας για τα σενάρια *Mitigation* και *Baseline 2009*

Η κατανάλωση ηλεκτρισμού στις στατικές καταναλώσεις ενέργειας στο σενάριο *Mitigation* σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, μειώνεται κατά 14% το 2030 και 28% το 2050.

Στον τομέα των μεταφορών η διείσδυση του ηλεκτρισμού είναι ραγδαία, φτάνοντας τις 6 TWh το 2030 και ξεπερνώντας τις 30TWh το 2050. Η διείσδυση αυτή, βελτιώνει σημαντικά και την ενεργειακή απόδοση του τομέα, όπως συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Επιπλέον, η μαζική παραγωγή ηλεκτρικών μεταφορικών μέσων αναμένεται να οδηγήσει σε συνεχή μείωση της τιμής των χρησιμοποιούμενων μπαταριών. Αυτό συνεπάγεται την συνεχή μείωση του κόστους μεταφοράς ανά χιλιόμετρο και τελικά την ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του συνολικού κόστους μεταφοράς.



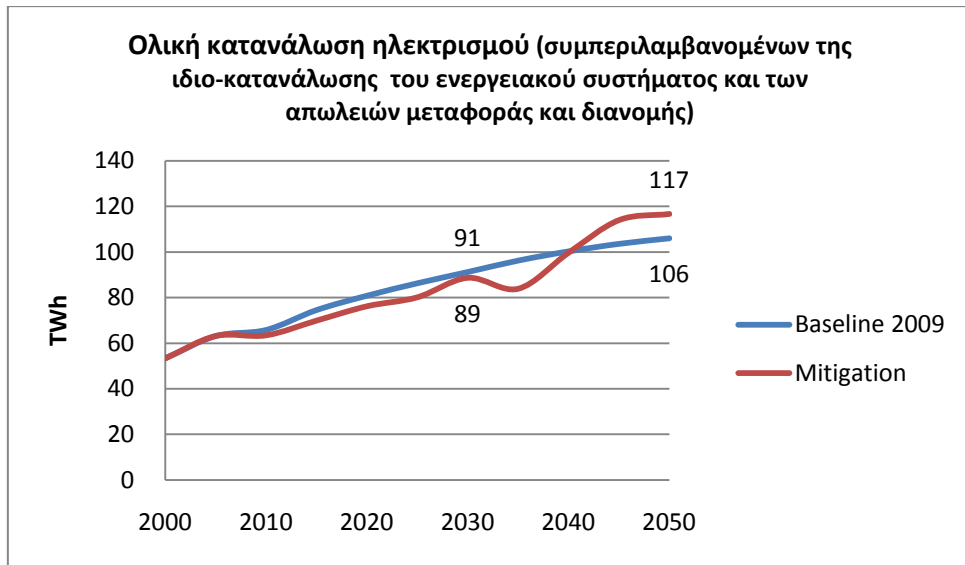
Διάγραμμα 14: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στις μεταφορές για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009



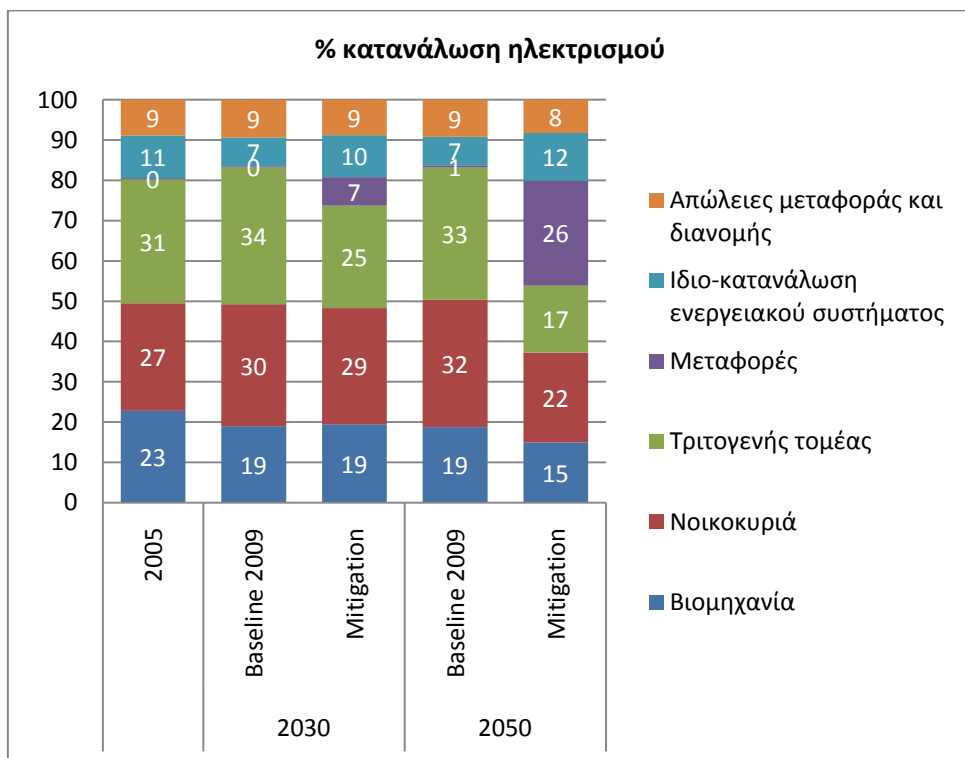
Διάγραμμα 15: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο στις μεταφορές στο σενάριο Mitigation

Συνολικά, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σενάριο *Mitigation* σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, εμφανίζεται μειωμένη μέχρι το 2030 (σε ποσοστό 2%) και αυξημένη μετά το 2030 (σε ποσοστό 10%). Η συμπεριφορά αυτή, οφείλεται στην ταυτόχρονη δράση της μείωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στις στατικές καταναλώσεις και την αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταφορές. Μέχρι το 2030, το μερίδιο του ηλεκτρισμού στις στατικές καταναλώσεις μπορεί να αυξάνει μέσω της υποκατάστασης των ορυκτών καυσίμων, αλλά ο συνολικός όγκος της κατανάλωσης ηλεκτρισμού μειώνεται καθώς αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση με άλλα λόγια, η εξοικονόμηση ηλεκτρισμού στις στατικές καταναλώσεις είναι μεγαλύτερη από τον επιπλέον ηλεκτρισμό που υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα. Μετά το 2030, οι

υποκαταστάσεις ξεπερνούν την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της έντονης διείσδυσης ηλεκτρισμού στις μεταφορές.



Διάγραμμα 16: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

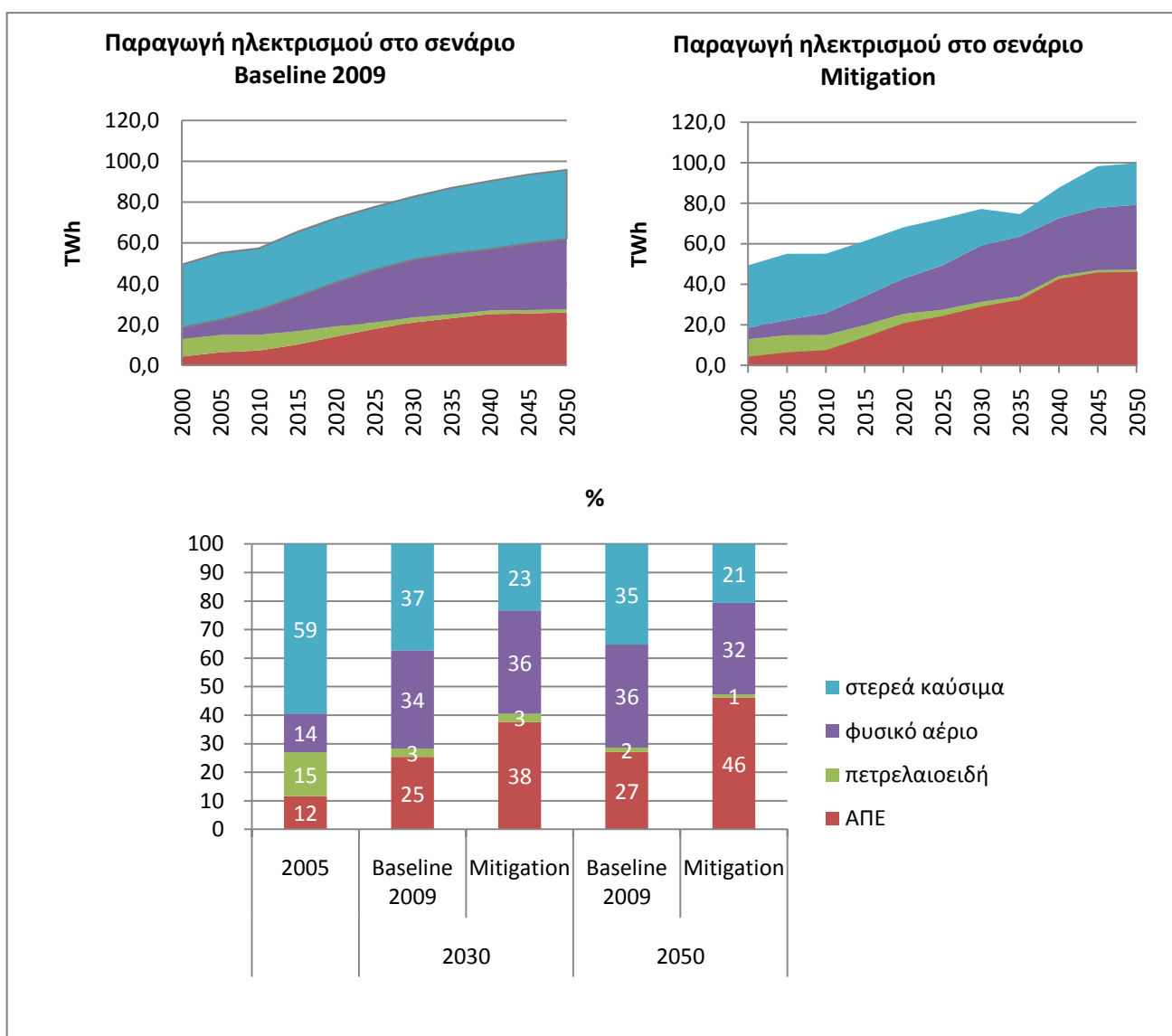


Διάγραμμα 17: Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρισμού ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

5.2.4 Αναδιάρθρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Τα χαρακτηριστικά της δομής της παραγωγής ηλεκτρισμού στο σενάριο *Mitigation* είναι:

- Αυξάνεται θεαματικά η διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Διατηρείται ο σημαντικός ρόλος της παραγωγής από φυσικό αέριο.
- Η παραγωγή από λιγνίτη μειώνεται σημαντικά και εφαρμόζονται τεχνολογίες CCS στο μεγαλύτερο μέρος των λιγνιτικών μονάδων.
- Επεκτείνεται η χρήση τεχνολογιών συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP).



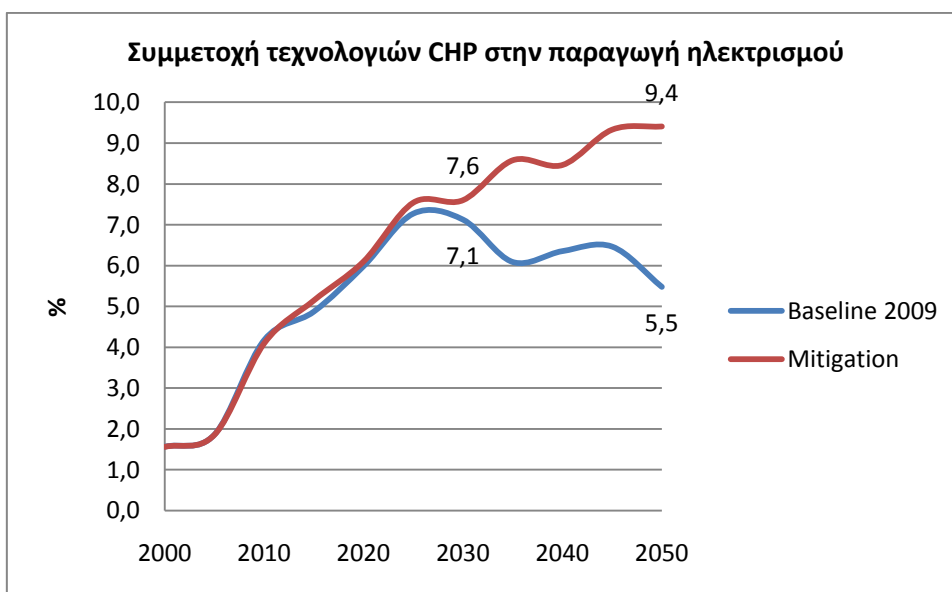
Διάγραμμα 18: Διάρθρωση της παραγωγής ενέργειας ανά καύσιμο στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

Οι ΑΠΕ γίνονται η βασική συνιστώσα παραγωγής ήδη από το 2020, φτάνοντας τις 46TWh (46% της συνολικής παραγωγής) το 2050. Μεγαλύτερο μερίδιο της παραγωγής από ΑΠΕ έχουν οι αιολικοί σταθμοί

(26%), ενώ σημαντικό μερίδιο έχουν επίσης τα υδροηλεκτρικά και τα φωτοβολταϊκά. Σημαντική είναι επίσης η χρήση βιομάζας και αποβλήτων στην συμπαραγωγή.

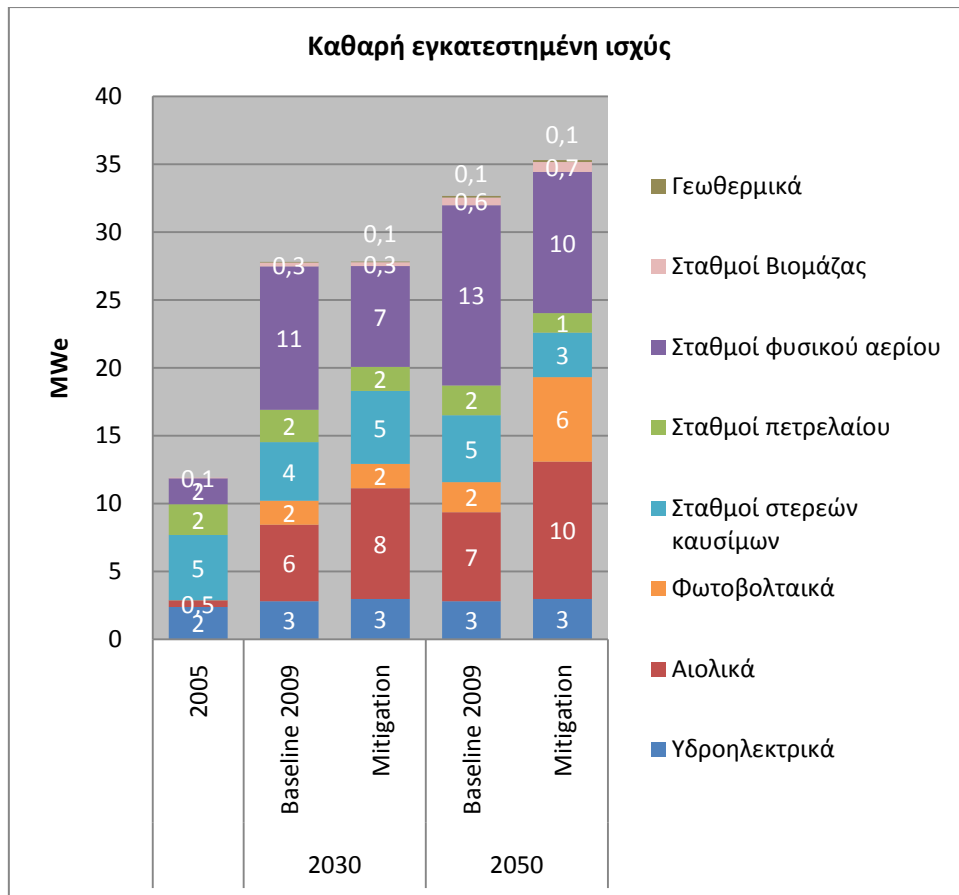
Ο ρόλος του φυσικού αερίου είναι επίσης πολύ σημαντικός στο σενάριο Mitigation, με αποκορύφωμα το 2035, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού από σταθμούς φυσικού αερίου αντιστοιχεί στο 39,5% της συνολικής. Μετά το 2035, το ποσοστό αυτό μειώνεται, καθώς οι τιμές του CO₂ είναι αρκετά υψηλές ώστε να μην επιτρέπουν την παραγωγή από σταθμούς από φυσικό αέριο ή να επιβάλλουν την υιοθέτηση τεχνολογιών CCS και στους σταθμούς φυσικού αερίου. Το 2050, το φυσικό αέριο συμμετέχει στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 32%.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από σταθμούς πετρελαίου, από 15% το έτος 2005 μειώνεται σταδιακά αγγίζοντας το 1,1% της ηλεκτροπαραγωγής το 2050 στο σενάριο Mitigation. Η κατανάλωση στερεών καυσίμων (λιγνίτη και άνθρακα) μειώνεται σταδιακά μέχρι το 2035. Μετά το 2035, η διαθεσιμότητα των τεχνολογιών CCS οδηγεί σε μικρή αύξηση της κατανάλωσης στερεών καυσίμων, αγγίζοντας το 20,6% της ηλεκτροπαραγωγής το 2050. Ακόμη, επεκτείνεται ο ρόλος των σταθμών συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι σταθμοί συμπαραγωγής δίνουν το 2050 το 9,4% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας, 70% περισσότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στο σενάριο Baseline 2009.



Διάγραμμα 19: Συμμετοχή τεχνολογιών συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) στην παραγωγή ηλεκτρισμού στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

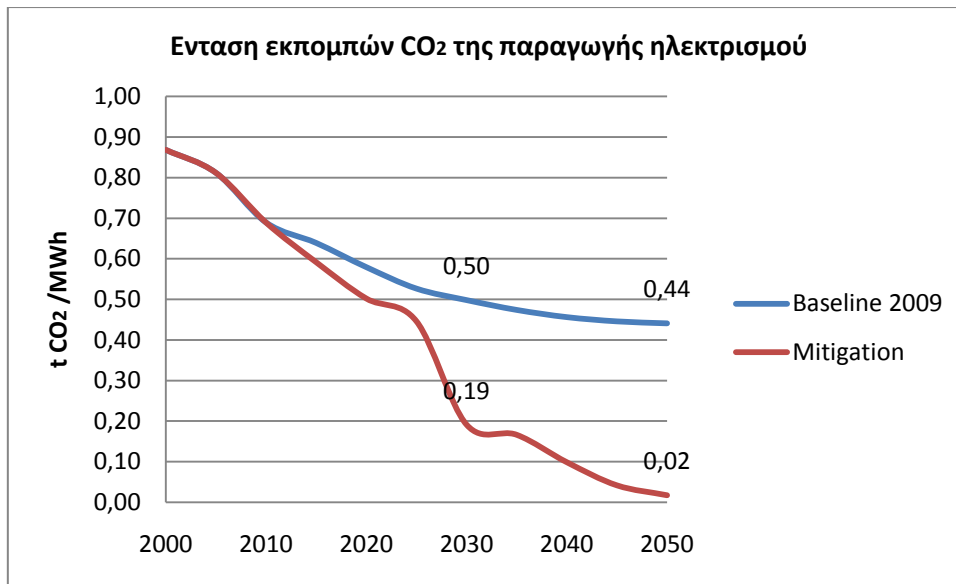
Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 21:



Διάγραμμα 20: Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς (MWe) στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

Οι περισσότερες επενδύσεις γίνονται στον χώρο των αιολικών και στις μονάδες φυσικού αερίου, με τα πρώτα να έχουν τον πρωταγωνιστικό ρόλο στις επενδύσεις για το σενάριο *Mitigation* και τα δεύτερα, αντίστοιχα, για το σενάριο αναφοράς. Χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ των σεναρίων *Mitigation* και *Baseline 2009* είναι ότι στο πρώτο γίνονται σημαντικές επενδύσεις στις τεχνολογίες CCS, ενώ τέτοιες επενδύσεις δεν προβλέπονται καθόλου στο σενάριο αναφοράς. Συγκεκριμένα, στο σενάριο *Mitigation*, 24% και 55% των σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού διαθέτουν τεχνολογίες CCS, το 2030 και το 2050 αντίστοιχα. Οι τεχνολογίες CCS εφαρμόζονται κατ' αρχήν στις λιγνιτικές μονάδες και αργότερα σε μονάδες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

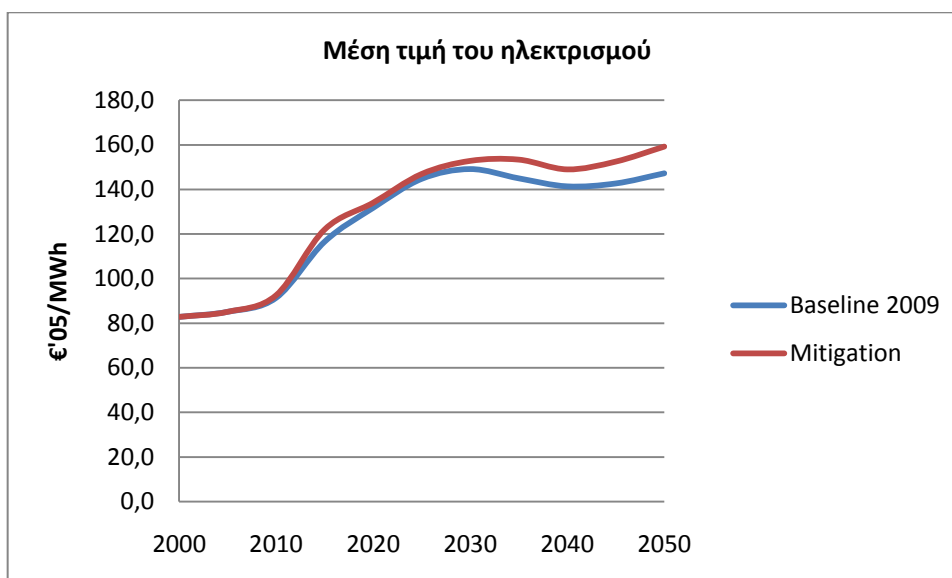
Η ένταση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα της παραγωγής ηλεκτρισμού μειώνεται δραστικά, με σχεδόν μηδενικές εκπομπές ανά παραγόμενη MWh το 2050. Μέχρι το 2025, οι βασικές συνιστώσες της απεξάρτησης της ηλεκτροπαραγωγής από τις εκπομπές CO₂ είναι η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, η στροφή από τον λιγνίτη και το πετρέλαιο στο φυσικό αέριο και η διεύθυνση των ΑΠΕ. Μετά το 2025, η μείωση είναι εντονότερη, καθώς συμβάλλει ένας ακόμα παράγοντας, η διαθεσιμότητα των τεχνολογιών CCS.



Διάγραμμα 21: Ένταση εκπομπών CO₂ της ηλεκτροπαραγωγής σε τόνους CO₂ ανά παραγόμενη MWh.

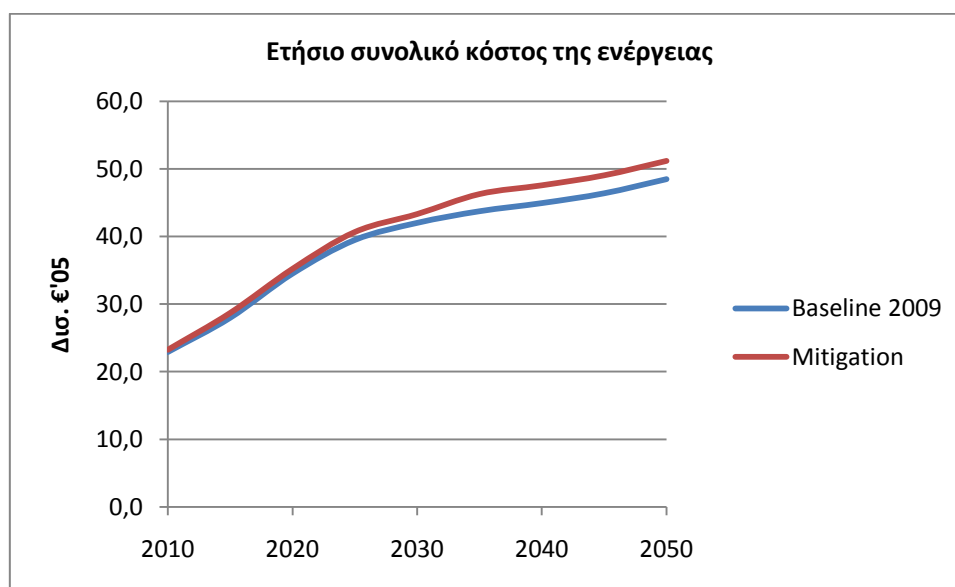
5.2.5 Κόστος της ενέργειας και τιμή του ηλεκτρισμού

Η τιμή του ηλεκτρισμού τόσο στο σενάριο *Mitigation* όσο και στο σενάριο αναφοράς αυξάνεται σημαντικά. Μέχρι περίπου το 2030 η πορεία της αύξησης της τιμής για τα δυο σενάρια είναι η ίδια, παρά το αυξημένο κόστος κεφαλαίου και δικτύου για την υλοποίηση του σεναρίου *Mitigation*. Το αποτέλεσμα αυτό, εξηγείται από το ότι στο σενάριο *Mitigation*, η εξοικονόμηση ενέργειας στις στατικές χρήσεις σε συνδυασμό με την υψηλότερη ζήτηση ηλεκτρισμού για τις μεταφορές, εξομαλύνουν την καμπύλη φορτίου οδηγείται με τον τρόπο αυτό σε χαμηλότερα επίπεδα το κόστος κεφαλαίου ανά MWh. Ακόμη, το σενάριο *Mitigation* περιλαμβάνει χαμηλότερο κόστος για αγορά καυσίμων και πληρωμές για άδειες εκπομπών.



Διάγραμμα 22: Διαμόρφωση της τιμής του ηλεκτρισμού στα σενάρια *Mitigation* και *Baseline 2009*

Η **συνολική επένδυση** που απαιτείται στον τομέα της ενέργειας για να επιτευχθούν οι στόχοι του σεναρίου Mitigation, ανήγεται στα **1,733 τρισεκατομμύρια €** (τιμές του 2005), από το 2010 έως το 2050, 4% μεγαλύτερο από το σενάριο αναφοράς. Από αυτό το ποσό, τα **181,41 δισ. €** αφορούν **δαπάνες για την εξοικονόμηση ενέργειας**. Τα ποσά αυτά αντιστοιχούν σε διπλάσια σχεδόν επένδυση σε ετήσια βάση, από σήμερα, σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα. Οι συνολικές **επενδύσεις στην παραγωγή ενέργειας**²⁰ ανέρχονται στα **194,4 δισ. €**, 23% μεγαλύτερο ποσό από το αντίστοιχο στο σενάριο αναφοράς.



Διάγραμμα 23: Ετήσιο συνολικό κόστος της ενέργειας στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009

5.3 Εκτίμηση του κόστους του μετριασμού

Το κόστος του μετριασμού, έχει προσδιοριστεί ως το άμεσο κόστος των επενδύσεων που πρέπει να γίνουν στον τομέα της ενέργειας για να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου κατά 75% μέχρι το 2050, σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Με το μοντέλο PRIMES έχει μελετηθεί τόσο το σενάριο μετριασμού (Mitigation), όσο και ένα σενάριο αναφοράς (Baseline 2009) στο οποίο αποτυπώνονται οι επενδύσεις στις οποίες πρέπει να προβεί η Ελλάδα ώστε να ανταποκριθεί στις δεσμεύσεις της στις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Γίνεται η παραδοχή ότι οι επενδύσεις που γίνονται στο σενάριο *Baseline 2009* θα πραγματοποιηθούν ανεξάρτητα από την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, το καθαρό κόστος των μέτρων του μετριασμού προσδιορίζεται ως το επιπλέον κόστος του σεναρίου *Mitigation* σε σχέση με το σενάριο *Baseline 2009*.

²⁰ Συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων για κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής, πρόωρη απόσυρση και αντικατάσταση υπαρχόντων σταθμών και μετασκευή.

Πίνακας 5.3-1: Ετήσιο κόστος των μέτρων του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

	2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Mitigation	23,269	28,712	35,230	40,676	43,328	46,284	47,579	49,056	51,187
Baseline 2009	22,910	27,977	34,515	39,493	42,022	43,745	44,949	46,402	48,494
Ετήσιο κόστος μετριασμού(δισ. €, αξίες του 2005)	0,359	0,735	0,715	1,183	1,306	2,539	2,630	2,654	2,693

Το κόστος αυτό, προκύπτει κάθε έτος, από το 2010 μέχρι το 2050.

Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι στο σενάριο μετριασμού, όπως δηλώνει και ο όρος «μετριασμός», η κλιματική αλλαγή συντελείται, απλά περιορίζεται στην αύξηση των 2°C. Αυτό σημαίνει ότι, πέρα από το κόστος των μέτρων που πρέπει να ληφθούν ώστε να επιτευχθεί ο στόχος περιορισμού αύξησης της θερμοκρασίας, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν και οι συνέπειες της συντελούμενης κλιματικής αλλαγής. Υποθέτουμε ότι οι συνέπειες αυτές γίνονται αισθητές την περίοδο 2040-2070. Κατά την αποτίμηση του κόστους της μη δράσης, έχει μελετηθεί ένα σενάριο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής (το σενάριο «B2_Had») στο οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας είναι +2,5°C. Το κόστος της κλιματικής αλλαγής για αυτό το σενάριο, εκτιμήθηκε στα 12,137 δισεκατομμύρια ευρώ (αξίες του 2005). Κάνοντας την παραδοχή ότι η σχέση κόστους-άνοδου της θερμοκρασίας είναι εκθετική, υποθέτουμε ότι το κόστος της κλιματικής αλλαγής που οφείλεται σε άνοδο 2°C είναι **7,367 δισεκατομμύρια ευρώ** (αξίες του 2005). Επομένως, το κόστος της κλιματικής αλλαγής στο σενάριο του μετριασμού, προκύπτει συνολικά:

Πίνακας 5.3-2: Ετήσιο συνολικό κόστος στο σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

<u>Ετήσιο κόστος σε δισ. € '05</u>	2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050	2050-2070
Κόστος μέτρων μετριασμού	0,359	0,735	0,715	1,183	1,306	2,539	2,630	2,654	2,693	-
Κόστος της συντελούμενης κλιματικής αλλαγής	-	-	-	-	-	-	-	7,367	7,367	7,367
Συνολικό κόστος μετριασμού	0,359	0,735	0,715	1,183	1,306	2,539	2,630	10,021	10,060	7,367

Κεφάλαιο 6: Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Η προσαρμογή είναι μια μακρόχρονη και συνεχής διαδικασία. Αναπτύσσεται σε όλα τα επίπεδα και απαιτεί στενή συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη. Σε αντίθεση με τον μετριασμό, το όφελος της προσαρμογής γίνεται αντιληπτό χωρίς χρονική καθυστέρηση, ταυτόχρονα όμως περιορίζεται κατά κανόνα σε τοπικό επίπεδο. Απαιτείται σε αυτό το σημείο η διάκριση μεταξύ της αυτόνομης και της σχεδιασμένης προσαρμογής. Η αυτόνομη προσαρμογή δεν αποτελεί συνειδητή αντίδραση στην κλιματική αλλαγή. Ενεργοποιείται από τις οικολογικές μεταβολές στα φυσικά συστήματα και τις αλλαγές στην αγορά στην οικονομία. Αντίθετα η σχεδιασμένη προσαρμογή είναι αποτέλεσμα εσκεμμένων αποφάσεων πολιτικής. Βασίζεται στην αντίληψη του ότι συντελούνται ή πρόκειται να συντελεστούν σημαντικές αλλαγές και στο ότι είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων με στόχο την διατήρηση μιας επιθυμητής κατάστασης ή την επιστροφή σε αυτή. Έτσι αντιλαμβανόμαστε πως και μεν η προσαρμογή έχει ήδη αρχίσει, πλην όμως κατά αποσπασματικό τρόπο. Χρειάζεται να διαμορφωθεί μια στρατηγικότερη προσέγγιση που θα διασφαλίσει την έγκαιρη και αποτελεσματική λήψη μέτρων προσαρμογής, διασφαλίζοντας τη συνοχή μεταξύ των διαφόρων τομέων και επιπέδων διακυβέρνησης. Εναπόκειται λοιπόν στους υπεύθυνους για τη χάραξη πολιτικών να αντιληφθούν τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και να επεξεργαστούν, όπως και να εφαρμόσουν, πολιτικές που θα εξασφαλίσουν τα βέλτιστα επίπεδα προσαρμογής.

6.1 Μέτρα προσαρμογής

Παρακάτω, παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένα μέτρα προσαρμογής για τους τομείς που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη. Μεμονωμένα ή σε συνδυασμό, οι λύσεις αυτές είναι πολύ πιθανό να περιορίσουν, ή ακόμη και να αντισταθμίσουν τις δυσμενείς κλιματικές αλλαγές και να αξιοποιήσουν τις θετικές αλλαγές όπου αυτές παρουσιάζονται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, χαρακτηριστική είναι η ικανότητα της φύσης να απορροφά ή να ελέγχει τις επιπτώσεις σε αστικές και αγροτικές περιοχές. Η ικανότητα αυτή σε συνδυασμό με αποτελεσματικά μέτρα προσαρμογής μπορεί να αποτελεί αποδοτικότερο τρόπο προσαρμογής απ' ό,τι η απλή επικέντρωση στις φυσικές υποδομές. Μεταξύ των παραδειγμάτων περιλαμβάνεται η βελτίωση της ικανότητας του εδάφους να αποθηκεύει άνθρακα και νερό, καθώς και η διατήρηση υδάτων σε φυσικά συστήματα, ούτως ώστε να μετριάζονται οι επιπτώσεις από την ξηρασία και να αποτρέπονται πλημμύρες, διάβρωση του εδάφους και απερήμωση.

Γεωργία

- Αναπροσαρμογή του χρονοδιαγράμματος των γεωργικών εργασιών, όπως οι ημερομηνίες φύτευσης ή σποράς και ψεκασμού.
- Προσαρμογή των καλλιεργειών με τη βοήθεια της υπάρχουσας γενετικής ποικιλότητας και των νέων δυνατοτήτων που προσφέρει η βιοτεχνολογία.
- Εισαγωγή ανθεκτικότερων στη ζέστη φυλών ζωικού κεφαλαίου.

Πλημμύρες Ποταμών

- Ανάπτυξη μηχανισμών πρόβλεψης των επερχόμενων πλημμύρων, με στόχο την έγκαιρη εκκένωση των ευπαθών περιοχών για την ελαχιστοποίηση των ζημιών
- Κατασκευή αμυντικών μηχανισμών για την προστασία των παραποτάμιων περιοχών και των κοινωνικοοικονομικών πόρων που βρίσκονται σε αυτές.

Παράκτιες περιοχές

- Δημιουργία νέων υποδομών (φράγματα, αντιπλημμυρικά έργα) με στόχο την προστασία των παράκτιων περιοχών από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- Ο εμπλουτισμός του εδάφους των παράκτιων περιοχών, με ενίσχυση του εδάφους με μεταφορά άμμου για την αντιμετώπιση της διάβρωσης.
- Μεταφορά σημαντικών ευαίσθητων υποδομών μακριά από παράκτιες περιοχές, στην περίπτωση που δεν διασφαλίζεται με βεβαιότητα η προστασία τους.

Υγεία

- Ανάπτυξη οργανωμένων σχεδίων αντιμετώπισης των αναμενόμενων κυμάτων καύσωνα, με στόχο την πρόληψη των συνεπειών στην υγεία.
- Ενημέρωση τόσο του κοινού όσο και των επαγγελματιών στον τομέα της υγείας για τις επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας στην ανθρώπινη υγεία αλλά και για τους τρόπους αντιμετώπισής της.
- Ενίσχυση των υποδομών δημόσιας υγείας.
- Επανασχεδιασμός των κτιρίων με στόχο την ελαχιστοποίηση των αποκλίσεων της εσωτερικής θερμοκρασίας από τα επιθυμητά επίπεδα.

Διαθεσιμότητα νερού

- Αποδοτικότερη χρήση του ύδατος χάρη στη μείωση των απωλειών ύδατος, τη βελτίωση των πρακτικών άρδευσης, και την ανακύκλωση ή αποθήκευση ύδατος.
- Βελτίωση της διαχείρισης του εδάφους μέσω της αύξησης της συγκράτησης ύδατος για τη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους.
- Δημιουργία υποδομών αφαλάτωσης για την ανάκτηση πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες.

Τουρισμός

- Επενδύσεις στις υπάρχουσες τουριστικές υποδομές για την αντιμετώπιση των φυσικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας και η έλλειψη πόσιμου νερού.
- Προετοιμασία της τουριστικής βιομηχανίας για την μετακίνηση της τουριστικής περιόδου από το καλοκαίρι, στο φθινόπωρο και την άνοιξη.

- Αναδιάρθρωση των τουριστικών επιχειρήσεων και αναβάθμιση των παρεχόμενων τουριστικών υπηρεσιών με στόχο την μετάβαση από τον μαζικό τουρισμό σε τουρισμό υψηλού επιπέδου.

Δασικές πυρκαγιές

- Επιμήκυνση της περιόδου δασοπροστασίας, λόγω της αύξησης των ημερών με υψηλή επικινδυνότητα εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς.
- Ενίσχυση των υποδομών δασοπροστασίας με στόχο την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών.
- Βελτίωση των υποδομών και των μεθόδων δασοπυρόσβεσης για την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών.

6.2 Μελέτη περίπτωσης προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Η επίδραση των μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, στις παράκτιες περιοχές

Άμβλυνση των φυσικών συνεπειών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής

Από την μελέτη PESETA, λαμβάνουμε τα αποτελέσματα που αφορούν τόσο τις φυσικές επιπτώσεις όσο και τις άμεσες οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες περιοχές, μετά όμως την λήψη των βέλτιστων μέτρων προσαρμογής. Οι δυο βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους κινείται η μελέτη PESETA, κατά συνέπεια και η παρούσα μελέτη, όσον αφορά τις δυνατότητες προσαρμογής απέναντι στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι:

- Η κατασκευή φραγμάτων στις παράκτιες περιοχές που αναμένεται να πληγούν.
- Ο εμπλουτισμός του εδάφους των παράκτιων περιοχών (ενίσχυση του εδάφους με μεταφορά άμμου για την αντιμετώπιση της διάβρωσης).

Η απόφαση για το αν θα επιλεγθεί κάποιος τύπος προσαρμογής και για το ποια θα είναι η βέλτιστη προσαρμογή βασίζεται κάθε φορά στην ανάλυση κόστους – οφέλους.

Πίνακας 6.2-1: Συνολική απώλεια γης στην Ελλάδα (Χλμ²/ετος) μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Απώλεια γης λόγω βύθισης	Απώλεια γης λόγω διάβρωσης	% μεταβολή σε σχέση με την απώλεια γης χωρίς την λήψη μέτρων προσαρμογής
+2,5°C	34,1cm	2020	0,3	0,0	0,00%
		2080	0,4	0,0	0,00%
+3,9°C	40,3cm	2020	0,3	0,0	0,00%
		2080	0,6	0,1	-99,21%
+4,1°C	36,7cm	2020	0,3	0,0	0,00%
		2080	0,5	0,0	-79,17%
+5,4°C	43,8cm	2020	0,3	0,0	0,00%
		2080	0,7	0,0	-99,43%

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Πίνακας 6.2-2: Συνολικός αριθμός ατόμων (χιλιάδες/έτος) που πλήττονται από τις πλημμύρες των παράκτιων συστημάτων, μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Άτομα που πλήττονται από πλημμύρες	% μεταβολή σε σχέση με τον ίδιο αριθμό χωρίς την λήψη μέτρων προσαρμογής
+2,5°C	34,1cm	2020	300	-25,00%
		2080	200	-99,35%
+3,9°C	40,3cm	2020	300	-25,00%
		2080	400	-99,42%
+4,1°C	36,7cm	2020	300	-25,00%
		2080	200	-99,38%
+5,4°C	43,8cm	2020	300	-25,00%
		2080	400	-99,57%

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Παρατηρούμε, πως σε βάθος χρόνου οι φυσικές επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι πολύ ηπιότερες μετά της εφαρμογή δράσεων προσαρμογής. Η κλίμακα των φυσικών επιπτώσεων είναι δηλαδή, σε άμεση συνάρτηση με τις αποφάσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή που θα ληφθούν.

Οικονομικές Επιπτώσεις

Οι βασικές οικονομικές συνέπειες που λαμβάνονται υπόψη, όπως και στην περίπτωση της μη δράσης είναι το κόστος των πλημμύρων και το κόστος μετανάστευσης λόγω απώλειας γης. Το κόστος των μέτρων προσαρμογής περιλαμβάνει το κόστος της κατασκευής φραγμάτων και το κόστος του εμπλουτισμού του εδάφους των παράκτιων περιοχών (ενίσχυση του εδάφους με μεταφορά άμμου για την αντιμετώπιση της διάβρωσης). Το καθαρό όφελος της προσαρμογής ορίζεται ως το συνολικό κόστος της κλ. αλλαγής πριν την προσαρμογή μείον το κόστος της κλ. αλλαγής μετά την προσαρμογή και το κόστος των μέτρων προσαρμογής.

Όπως αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στους παρακάτω πίνακες, ιδιαίτερα για τα σενάρια εξέλιξης της κλ. αλλαγής που περιλαμβάνουν το κοινωνικό-οικονομικό σενάριο A2 (A2_Had +3,9°C και A2_EC +4,1°C) που συνεπάγονται μεγάλες φυσικές και οικονομικές συνέπειες, το όφελος από την χρήση των μέτρων

προσαρμογής είναι σημαντικό. Όπως είναι φυσικό, σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου το όφελος της προσαρμογής αυξάνει, καθώς αυξάνουν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 6.2-3: Οικονομικές επιπτώσεις των πλημμύρων των παράκτιων περιοχών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής. (Εκ/ρια € / έτος, οικονομικές αξίες 1995)

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Συνολικό Κόστος	Κόστος Πλημμύρων	Κόστος Μετοίκισης	Κόστος Προσαρμογής	Όφελος Προσαρμογής
+2,5°C	34,1cm	2020	2,50	2,50	0,00	25,30	-23,10
		2080	1,80	1,80	0,00	30,40	-11,90
+3,9°C	40,3cm	2020	2,70	2,70	0,00	21,10	-19,30
		2080	7,40	7,40	0,00	42,00	177,50
+4,1°C	36,7cm	2020	2,60	2,60	0,00	25,30	-23,20
		2080	1,40	1,40	0,00	33,30	-13,10
+5,4°C	43,8cm	2020	2,90	2,90	0,00	22,50	-20,90
		2080	8,40	8,40	0,00	46,40	394,10

Πηγή: PESETA (2009), Coastal systems study

Πίνακας 6.2-4: Οικονομικές επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων των παράκτιων περιοχών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής σε σχέση με τις αντίστοιχες οικονομικές επιπτώσεις χωρίς την λήψη μέτρων προσαρμογής (%)

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Έτος	Συνολικό Κόστος	Κόστος Πλημμύρων	Κόστος Μετοίκισης
+2,5°C	34,1cm	2020	-46,81%	-46,81%	0,00%
		2080	-90,82%	-90,82%	0,00%
+3,9°C	40,3cm	2020	-40,00%	-40,00%	0,00%
		2080	-96,74%	-67,11%	-100,00%
+4,1°C	36,7cm	2020	-44,68%	-44,68%	0,00%
		2080	-93,52%	-93,30%	-100,00%
+5,4°C	43,8cm	2020	-35,56%	-35,56%	0,00%
		2080	-98,13%	-64,26%	-100,00%

Σύνδεση εκτιμήσεων με παραμέτρους του μοντέλου GEM-E3

Με στόχο την αποτύπωση των παραπάνω στην ελληνική οικονομία θεωρήθηκε πως το κόστος λόγω των πλημμύρων αντιστοιχεί σε απώλεια κεφαλαίου στο σύνολο της οικονομίας και επιμερίζεται ανά κλάδο ανάλογα με την συμμετοχή του κάθε κλάδου στο συνολικό οικονομικό κεφάλαιο, όπως ακριβώς στην περίπτωση της μη δράσης. Το κόστος των δράσεων προσαρμογής μεταφράζεται σε υποχρεωτική κατανάλωση από την πλευρά της κυβέρνησης στον τομέα των κατασκευών η οποία αποτυπώνεται στον πίνακα επενδύσεων του υποδείγματος. Ακόμη, για την χρηματοδότηση των έργων προσαρμογής απαιτείται ισόποση μείωση των κοινωνικών παροχών.

Πίνακας 6.2-5: Οικονομικές επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων στις παράκτιες περιοχές μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής, στην Ελλάδα, το 2050

Μεταβολή της θερμοκρασίας	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Αύξηση υποχρεωτικής δαπάνης της κυβέρνησης στον τομέα των κατασκευών	Απώλεια κεφαλαιουχικού αποθέματος
+2,5°C	34,1cm	46,68	0,002%
+3,9°C	40,3cm	52,88	0,006%
+4,1°C	36,7cm	49,10	0,002%
+5,4°C	43,8cm	57,74	0,011%

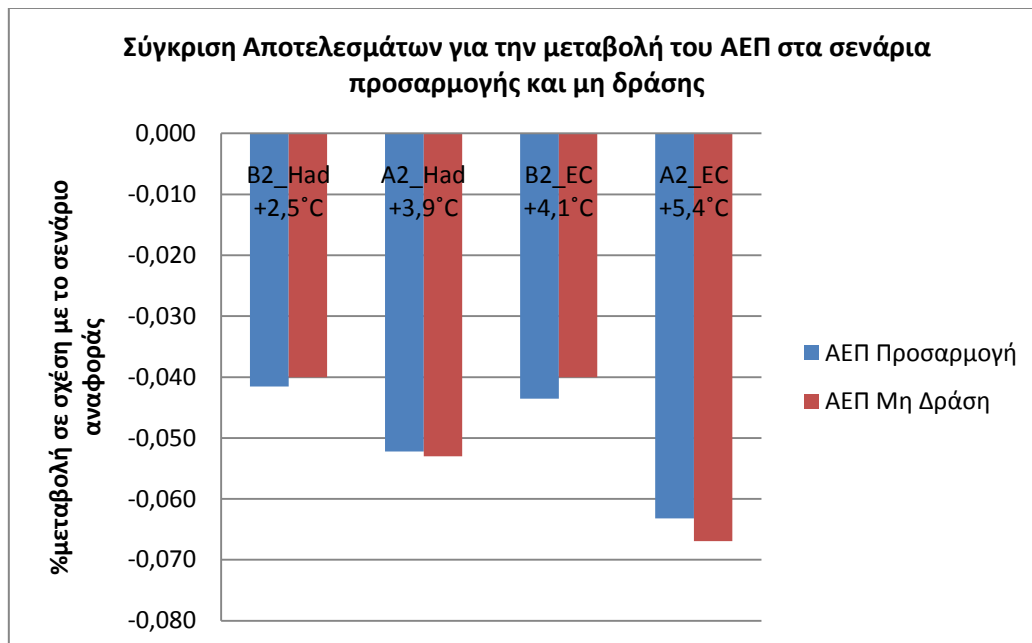
Αποτελέσματα της μελέτης με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3

Όσον αφορά τα αποτελέσματα, το ΑΕΠ παρουσιάζεται ουσιαστικά αμετάβλητο για όλα τα σενάρια σε σχέση με την μη δράση, καθώς η διαφορά κυμαίνεται από +0,004% (δηλαδή όφελος της προσαρμογής έναντι της μη δράσης περί τα 7,2 εκ/ρια € σε αξίες 2005) στο σενάριο των +5,4°C έως και -0,004% (δηλαδή όφελος της μη δράσης έναντι της προσαρμογής στο σενάριο των +4,1°C. Σχετικά με την Ευημερία, αυτή παραμένει σταθερή στα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής που περιλαμβάνουν το κοινωνικό-οικονομικό σενάριο B2. Στα σενάρια που περιλαμβάνουν το κοινωνικό-οικονομικό σενάριο A2 παρατηρείται ένα μικρό όφελος της τάξης του 0,8% και 0,16% αντίστοιχα, σε σχέση με την μη δράση. Καθώς τα σενάρια A2 είναι αυτά που αναμένεται να έχουν και τις μεγαλύτερες οικονομικές συνέπειες, εξάγεται το συμπέρασμα πως η προσαρμογή είναι περισσότερο συμφέρουσα όσο εντονότερες είναι οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

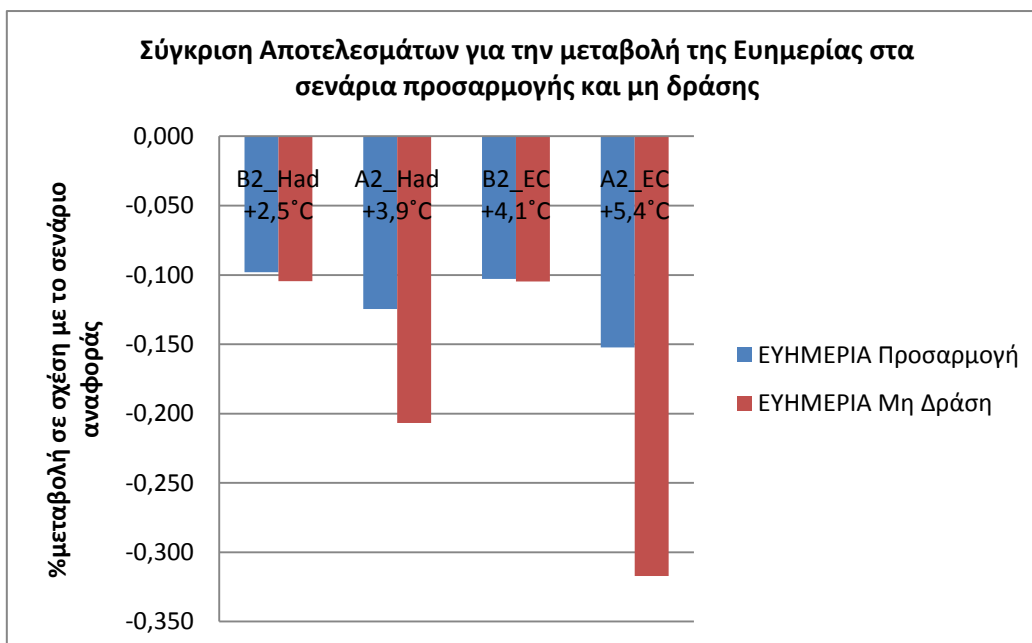
Είναι σαφές πως η ανάγκη για λήψη κατάλληλων μέτρων προσαρμογής είναι περισσότερο επιτακτική σε τομείς που πλήττονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή και όπου τα μέτρα αυτά θα είναι ασφαλώς αποδοτικότερα, όπως για παράδειγμα στον αγροτικό τομέα. Ασφαλώς, κατά την μελέτη της αποδοτικότητας της χρήσης μέτρων προσαρμογής στον τομέα των παράκτιων περιοχών, με το υπόδειγμα GEM-E3, είναι κομβικής σημασίας η επιλογή του κατάλληλου κόστους προσαρμογής για κάθε ένα από τα

σενάρια. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, το κόστος των μέτρων προσαρμογής, έχει ληφθεί από την μελέτη PESETA.

Διάγραμμα 24: Σύγκριση αποτελεσμάτων για την μεταβολή του ΑΕΠ στα σενάρια Προσαρμογής και Μη Δράσης



Διάγραμμα 25: Σύγκριση αποτελεσμάτων για την μεταβολή της Ευημερίας στα σενάρια Προσαρμογής και Μη Δράσης



6.3 Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήθηκε με το οικονομικό μοντέλο GEM-E3 το κόστος της προσαρμογής μεμονωμένα για τα παράκτια συστήματα. Για τους σκοπούς της σύγκρισης των σεναρίων της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού χρειάζονται εκτιμήσεις που να αφορούν το κόστος της προσαρμογής συνολικά.

Για να προσεγγιστεί το κόστος της προσαρμογής, αξιοποιήθηκαν εκτιμήσεις της μελέτης «Assessing the costs of adaptation to climate change» (Parry, et al. 2009). Η μελέτη αυτή αποτελεί μια αξιολόγηση του συνόλου των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί αναφορικά με το θέμα της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή από το Συμβούλιο Διάσκεψης του ΟΗΕ, UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 8 της μελέτης αυτής (The costs and benefits of adaptation) ο συγγραφέας, Chris Hope, συγκεντρώνει τα κόστη και τα οφέλη της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε παγκόσμιο επίπεδο, αθροίζοντας τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (με εφαρμογή των μέτρων προσαρμογής) και το κόστος των μέτρων προσαρμογής από το 2000 έως το 2200 και ανάγοντας το αποτέλεσμα στο 2000 (ακολουθώντας κατά την διαδικασία αναγωγής τις παραδοχές της μελέτης Stern). Θεωρώντας σταθερές τις αναλογίες:

$$\frac{\text{κόστος μέτρων προσαρμογής}}{\text{συνέπειες κλιματικής αλλαγής χωρίς προσαρμογή}} \text{ και} \\ \frac{\text{συνέπειες κλιματικής αλλαγής με προσαρμογή}}{\text{συνέπειες κλιματικής αλλαγής χωρίς προσαρμογή}}$$

και με δεδομένες τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής χωρίς προσαρμογή από την μελέτη της μη δράσης της παρούσας εργασίας (Κεφάλαιο 4), προσεγγίστηκε το αντίστοιχο κόστος μέτρων προσαρμογής και οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής με προσαρμογή, για την Ελλάδα. Η γραμμική αυτή προσέγγιση, αποτυγχάνει να αποτυπώσει τα εξής:

- Όσο εντονότερη είναι η κλιματική αλλαγή, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος των επιπτώσεων που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά με μέτρα προσαρμογής. Ενώ μπορεί να θεωρηθεί ότι μέχρι ενός σημείου η σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και του εύρους των συνεπειών αυτής που αμβλύνονται με την προσαρμογή μπορεί να είναι γραμμική, υπάρχει ένα σημείο που η κλιματική αλλαγή γίνεται ολοκληρωτικά καταστροφική και οι συνέπειές της δεν μπορούν να αντιστραφούν. Καθώς η μελέτη του UNFCCC περιλαμβάνει πολύ μεγαλύτερο εύρος συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, ενδεχομένως τα μέτρα προσαρμογής για το επίπεδο της Ελλάδας, μέχρι το 2070, να είναι πολύ αποτελεσματικότερα στην άμβλυνση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, με την γραμμική προσέγγιση υποτιμούμε το μεικτό όφελος της προσαρμογής (το όφελος δηλαδή που δεν περιλαμβάνει το κόστος των μέτρων προσαρμογής). Η υποτίμηση αυτή είναι μεγαλύτερη για τα πιο ευνοϊκά σενάρια.
- Η προσαρμογή είναι ένα σενάριο δράσης το οποίο είναι περισσότερο συμφέρον όσο εντονότερη είναι η κλιματική αλλαγή. Δηλαδή, το κόστος των μέτρων της προσαρμογής αυξάνει με μικρότερο ρυθμό από το κόστος της κλιματικής αλλαγής. Θα έπρεπε δηλαδή, να έχει θεωρηθεί στην παρούσα μελέτη σχέση «κόστους των μέτρων προσαρμογής-συνεπειών κλιματικής αλλαγής» μεγαλύτερη από την αντίστοιχη σχέση που προκύπτει από την μελέτη του UNFCCC. Υποτιμάται λοιπόν, το κόστος των μέτρων προσαρμογής. Η υποτίμηση αυτή είναι μεγαλύτερη για τα πιο ευνοϊκά σενάρια.

- Συνολικά, υποτιμάται το καθαρό όφελος της προσαρμογής για τα λιγότερο ευνοϊκά σενάρια και υπερτιμάται το όφελος για τα πιο ευνοϊκά.

Ωστόσο, η ακριβής αποτύπωση της μη γραμμικότητας του κόστους της προσαρμογής σε σχέση με την κλιματική αλλαγή, είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Πέρα από τους προαναφερθέντες, οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος της προσαρμογής είναι ποικίλοι και σύνθετοι. Επομένως, δεν εξασφαλίζεται ότι όποια άλλη παραδοχή μη γραμμικότητας στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα οδηγήσει σε περισσότερο ακριβή αποτελέσματα.

Πίνακας 6.3-1: Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής στην Ελλάδα αξιοποιώντας εκτιμήσεις του κόστους προσαρμογής σε παγκόσμιο επίπεδο σχετικής μελέτης του UNFCCC

		1	2			
<u>Ετήσιο κόστος σε</u> <u>δισ. € '05</u>	Κόστος κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμια κλίμακα (μελέτη UNFCCC). Αξίες σε δισ. \$ του 2000	Κόστος κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. Αξίες σε δισ. € του 2005				
		Σενάρια εξέλιξης της κλ. αλλαγής				
		B2_Had +2,5°C	A2_Had +3,9°C	B2_EC +4,1°C	A2_EC +5,4°C	
1	κόστος κλιματικής αλλαγής χωρίς προσαρμογή (μη δράση)	1121000	12,137	20,309	16,996	34,573
2	κόστος μέτρων προσαρμογής	5400	1,812	3,033	2,538	5,163
3	κόστος κλιματικής αλλαγής με προσαρμογή	805000	8,715	14,584	12,205	24,847
4	συνολικό κόστος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή((2)+(3))	-	10,527	17,617	14,743	30,010

Να επισημανθεί ότι οι τιμές από την μελέτη του UNFCCC (στήλη 1 του παραπάνω πίνακα), έχουν προκύψει από αναγωγή στο έτος 2000 και αποτελούν το σωρευτικό κόστος της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή για τα έτη 2000-2200. Οι τιμές που αφορούν την Ελλάδα (στήλη 2), αντιστοιχούν στο ετήσιο κόστος της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και είναι απόλυτες τιμές- δεν έχει συντελεστεί χρονική αναγωγή του κόστους. Η σχέση μεταξύ των τιμών στις στήλες (1) και (2) είναι αποκλειστικά σχέση αναλογίας.

Το μέτρα της προσαρμογής, πρέπει να ληφθούν μεσοπρόθεσμα. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, θεωρείται ότι λαμβάνονται την περίοδο 2025-2040. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι 1/5 του κόστους των μέτρων προσαρμογής θα προκύψει την περίοδο 2025-2030, 1/5 θα προκύψει μέχρι το 2035 και τα υπόλοιπα 3/5 μέχρι το 2040. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής γίνονται αισθητές (όπως και στην περίπτωση της μη δράσης) την περίοδο 2040-2070.

Κεφάλαιο 7: Ανάλυση κόστους-οφέλους

7.1 Εισαγωγή

Το οικονομικό κόστος της κλιματικής αλλαγής, το κόστος της προσαρμογής και το κόστος του μετριασμού, θα προκύψουν το καθένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους στο μέλλον. Τα μέτρα του μετριασμού πρέπει να παρθούν βραχυπρόθεσμα (εκτιμώνται έξοδα ήδη από το 2010), ενώ τα οφέλη που θα επιφέρουν θα είναι αισθητά στο μέλλον. Αντίθετα, το κόστος της κλιματικής αλλαγής, εφ' όσον δεν ληφθεί κανένα μέτρο για την αντιμετώπισή της, θα γίνει αισθητό στο μέλλον. Ακόμη, τα μέτρα της προσαρμογής λαμβάνονται μεσοπρόθεσμα, ενώ το όφελος της προσαρμογής γίνεται αισθητό στο μέλλον.

Προκειμένου να συγκρίνουμε άμεσα τα κόστη και τα οφέλη χρησιμοποιούμε ένα επιτόκιο προεξόφλησης. Το επιτόκιο αυτό, εκφράζει την προτίμηση να αντιμετωπίσουμε ένα κόστος στο μέλλον παρά στο παρόν. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί τα επιτόκια προεξόφλησης που χρησιμοποιήθηκαν από δυο σημαντικές μελέτες του κόστους της κλιματικής αλλαγής, του Stern (1,4%) και του Nordhaus (3%). Στην συνέχεια, το επιτόκιο κατά Stern θα αναφέρεται ως **χαμηλό επιτόκιο προεξόφλησης** και κατά Nordhaus ως **μέσο επιτόκιο προεξόφλησης**.

7.2 Συγκέντρωση και χρονική τοποθέτηση των εκτιμήσεων του κόστους της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις για το κόστος της κλιματικής αλλαγής που προέκυψαν από την μελέτη της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού. Ακόμη, το κόστος κάθε σεναρίου τοποθετείται χρονικά. Οι τιμές του κόστους που παρουσιάζονται σε αυτό το υποκεφάλαιο, είναι οι **απόλυτες τιμές**, δεν έχουν δηλαδή αναχθεί σε ένα κοινό έτος βάσης. Όλες οι αξίες είναι σε δισεκατομμύρια ευρώ του 2005.

Το κόστος της μη δράσης:

Το κόστος της μη δράσης για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής που έχουν αναπτυχθεί, εκτιμήθηκε:

Πίνακας 7.2-1: Ετήσιο κόστος της κλιματικής αλλαγής στο σενάριο της μη δράσης

Σενάρια εξέλιξης της κλ. αλλαγής	B2_Had +2,5°C	A2_Had +3,9°C	B2_EC +4,1°C	A2_EC +5,4°C
Ετήσιο κόστος της μη δράσης (δισ. €, αξίες του 2005)	12,137	20,309	16,996	34,573

Γίνεται η παραδοχή ότι το κόστος αυτό βαρύνει την ελληνική οικονομία κατ' έτος, και είναι σταθερό για την περίοδο 2040-2070.

Το κόστος του μετριασμού:

Το συνολικό κόστος του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, περιλαμβάνει δυο συνιστώσες: α) το άμεσο κόστος των επενδύσεων που πρέπει να γίνουν για να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου κατά 75% μέχρι το 2050 (κόστος μέτρων μετριασμού), και β) το κόστος της κλιματικής αλλαγής που οφείλεται σε άνοδο 2°C. Το κόστος των μέτρων μετριασμού καταβάλλεται κάθε έτος, από το 2010 έως το 2050. Το κόστος της κλιματικής αλλαγής εμφανίζεται κάθε έτος και είναι σταθερό για την περίοδο 2040-2070.

Πίνακας 7.2-2: Ετήσιο συνολικό κόστος στο σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

<u>Ετήσιο κόστος σε δις. € '05</u>	2010	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040	2041- 2045	2046- 2050	2050- 2070
Κόστος μέτρων μετριασμού	0,359	0,735	0,715	1,183	1,306	2,539	2,630	2,654	2,693	-
Κόστος κλ. αλλαγής με μετριασμό	-	-	-	-	-	-	-	7,367	7,367	7,367
Συνολικό κόστος μετριασμού	0,359	0,735	0,715	1,183	1,306	2,539	2,630	10,021	10,060	7,367

Το κόστος της προσαρμογής:

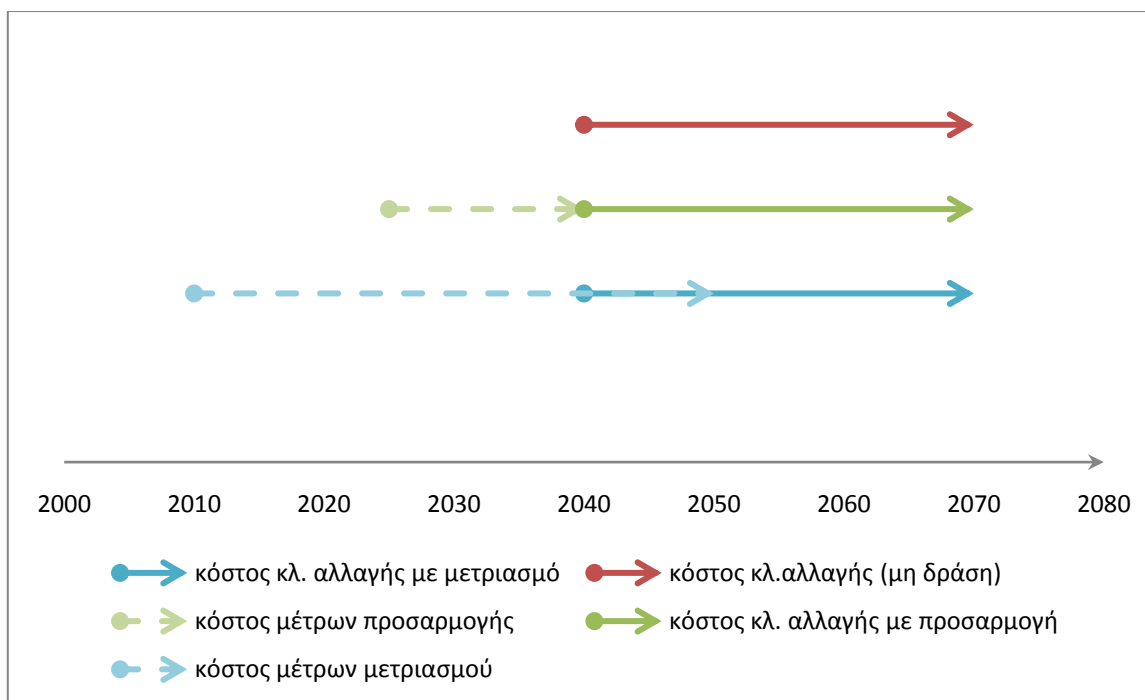
Το κόστος της προσαρμογής περιλαμβάνει επίσης δυο συνιστώσες: α) το κόστος των μέτρων προσαρμογής που λαμβάνονται για να αμβλύνουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και β) το κόστος των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής μετά την λήψη των μέτρων προσαρμογής. Για να προσεγγιστεί το κόστος της προσαρμογής, αξιοποιήθηκαν εκτιμήσεις της μελέτης «Assessing the costs of adaptation to climate change» (Parry, et al. 2009).

Πίνακας 7.2-3: Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

<u>Ετήσιο κόστος</u> <u>σε δισ. € '05</u>	Σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής			
	B2_Had +2,5°C	A2_Had +3,9°C	B2_EC +4,1°C	A2_EC +5,4°C
Κόστος μέτρων προσαρμογής	1,812	3,033	2,538	5,163
Κόστος κλ. αλλαγής με προσαρμογή	8,715	14,584	12,205	24,847
Συνολικό κόστος της προσαρμογής	10,527	17,617	14,743	30,010

Τα μέτρα της προσαρμογής, πρέπει να ληφθούν μεσοπρόθεσμα. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, θεωρείται ότι λαμβάνονται την περίοδο 2025-2040. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι 1/5 του κόστους των μέτρων προσαρμογής θα προκύψει την περίοδο 2025-2030, 1/5 θα προκύψει μέχρι το 2035 και τα υπόλοιπα 3/5 μέχρι το 2040. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής γίνονται αισθητές την περίοδο 2040-2070.

Στο επόμενο διάγραμμα, απεικονίζεται η χρονική διαφοροποίηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής για κάθε ένα από τα σενάρια της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού:



Διάγραμμα 26: Απεικόνιση της χρονικής διαφοροποίησης εμφάνισης του κόστους της κλιματικής αλλαγής στις περιπτώσεις της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

7.3 Εφαρμογή επιτοκίου μείωσης

Η εφαρμογή του επιτοκίου μείωσης γίνεται ως εξής:

- 1) Υπολογίζουμε το κόστος κάθε σεναρίου κάθε πέντε έτη, ξεκινώντας από το 2010 και προχωρώντας ανά πενταετία μέχρι το 2070
- 2) Το κόστος κάθε πενταετίας ανάγεται στο 2010 χρησιμοποιώντας το επιτόκιο προεξόφλησης
- 3) Στην συνέχεια υπολογίζεται το σωρευτικό κόστος κάθε έτους

Με τον τρόπο αυτό, προκύπτει το συνολικό κόστος που «βλέπει» σε κάθε χρονική περίοδο ο «αποφασίζων» του 2010.

Το γεγονός ότι η αναγωγή στο έτος 2010 γίνεται για το κόστος κάθε πενταετίας και όχι κάθε έτους, εισάγει ένα σφάλμα, της τάξης του 3-5%.

Ο επόμενος πίνακας περιέχει το **σωρευτικό** κόστος όλων των σεναρίων μη δράσης, προσαρμογής και μετριασμού:

- i. μειωμένες στο έτος 2010, με χαμηλό επιτόκιο προεξόφλησης 1,4% κατά Stern
- ii. μειωμένες στο έτος 2010, με μέσο επιτόκιο προεξόφλησης 3% κατά Nordhaus

Πίνακας 7.3-1: Σωρευτικό κόστος των σεναρίων μη δράσης, προσαρμογής και μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

Σωρευτικό κόστος (σε δισ. € '05)

		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070		
Επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern	1,4%	κόστος κλιματικής αλλαγής (μη δράση)														
		• +2,5°C	0	0	0	0	0	0	7,998	45,300	80,097	112,558	142,839	171,086	197,436	
		• +3,9°C	0	0	0	0	0	0	13,383	75,802	134,030	188,347	239,017	286,285	330,378	
		• +4,1°C	0	0	0	0	0	0	11,200	63,437	112,166	157,623	200,027	239,584	276,484	
		• +5,4°C	0	0	0	0	0	0	22,782	129,044	228,169	320,638	406,898	487,365	562,428	
		συνολικό κόστος προσαρμογής (κόστος μέτρων προσαρμογής + κόστος κλ. αλλαγής με προσαρμογή)														
		• +2,5°C	0	0	0	0,294	0,569	1,337	7,080	33,867	58,855	82,166	103,911	124,195	143,118	
		• +3,9°C	0	0	0	0,492	0,952	2,237	11,847	56,671	98,485	137,491	173,877	207,821	239,484	
	• +4,1°C	0	0	0	0,412	0,796	1,872	9,915	47,427	82,419	115,062	145,513	173,919	200,418		
	• +5,4°C	0	0	0	0,838	1,620	3,808	20,168	96,476	167,659	234,062	296,005	353,789	407,693		
	συνολικό κόστος μετριασμού (κόστος μέτρων μετριασμού + κόστος κλ. αλλαγής με μετριασμό)															
			0,359	3,788	6,900	11,703	16,649	25,616	39,136	69,935	98,778	118,481	136,862	154,008	170,003	
	Επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus	3%	κόστος κλιματικής αλλαγής (μη δράση)													
			• +2,5°C	0	0	0	0	0	0	5,000	26,566	45,168	61,215	75,057	86,998	97,298
			• +3,9°C	0	0	0	0	0	0	8,367	44,453	75,582	102,434	125,596	145,577	162,812
			• +4,1°C	0	0	0	0	0	0	7,002	37,202	63,252	85,724	105,108	121,829	136,253
• +5,4°C			0	0	0	0	0	0	14,244	75,676	128,669	174,381	213,812	247,826	277,167	
συνολικό κόστος προσαρμογής (κόστος μέτρων προσαρμογής + κόστος κλ. αλλαγής με προσαρμογή)																
• +2,5°C			0	0	0	0,233	0,433	0,953	4,543	20,030	33,389	44,912	54,852	63,427	70,823	
• +3,9°C			0	0	0	0,389	0,725	1,594	7,602	33,517	55,870	75,153	91,786	106,134	118,511	
• +4,1°C		0	0	0	0,326	0,607	1,334	6,362	28,049	46,756	62,893	76,813	88,821	99,178		
• +5,4°C		0	0	0	0,663	1,234	2,714	12,942	57,058	95,112	127,938	156,255	180,680	201,750		
συνολικό κόστος μετριασμού (κόστος μέτρων μετριασμού + κόστος κλ. αλλαγής με μετριασμό)																
			0,359	3,530	6,191	9,989	13,605	19,668	28,120	45,926	61,345	71,086	79,488	86,736	92,988	

Από τις τιμές του παραπάνω πίνακα είναι εμφανής ο τρόπος που επιδρά το επιτόκιο προεξόφλησης στην αποτίμηση του κόστους. Όσο χαμηλότερο το επιτόκιο προεξόφλησης, τόσο μεγαλύτερο προκύπτει το κόστος στο μέλλον. Έτσι, κάθε έτος, το κάθε κόστος για επιτόκιο 1,4% είναι μικρότερο από το αντίστοιχο για επιτόκιο 3%. Ακόμη, το χαμηλό επιτόκιο προεξόφλησης ευνοεί την βραχυπρόθεσμη δράση έναντι της μακροπρόθεσμης. Συνεπώς, το σωρευτικό κόστος της μη δράσης, το οποίο εμφανίζεται μακροπρόθεσμα, με το χαμηλό επιτόκιο προκύπτει *υπερδιπλάσιο* σε σχέση με την αντίστοιχη εκτίμηση με το μέσο επιτόκιο. Το κόστος του μετριασμού, ωστόσο, καθώς προηγείται χρονικά του κόστους της μη δράσης, προκύπτει μεν μεγαλύτερο με το χαμηλό επιτόκιο, είναι *μικρότερο* δε από το *διπλάσιο* του κόστους με το μέσο επιτόκιο. Αντίστοιχα, το κόστος της προσαρμογής, το οποίο λαμβάνεται μεσοπρόθεσμα σε σχέση με τα άλλα δυο σενάρια, εμφανίζεται *σχεδόν διπλάσιο* με το χαμηλό επιτόκιο. Εφόσον λοιπόν, η ανάλυση κόστους-οφέλους εστιάζει περισσότερο στην σύγκριση μεταξύ του κόστους των διαφόρων σεναρίων και όχι στην απόλυτη τιμή του, γίνεται αντιληπτό πως η «χρονική προτίμηση» που υπονοεί κάθε επιτόκιο προεξόφλησης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο.

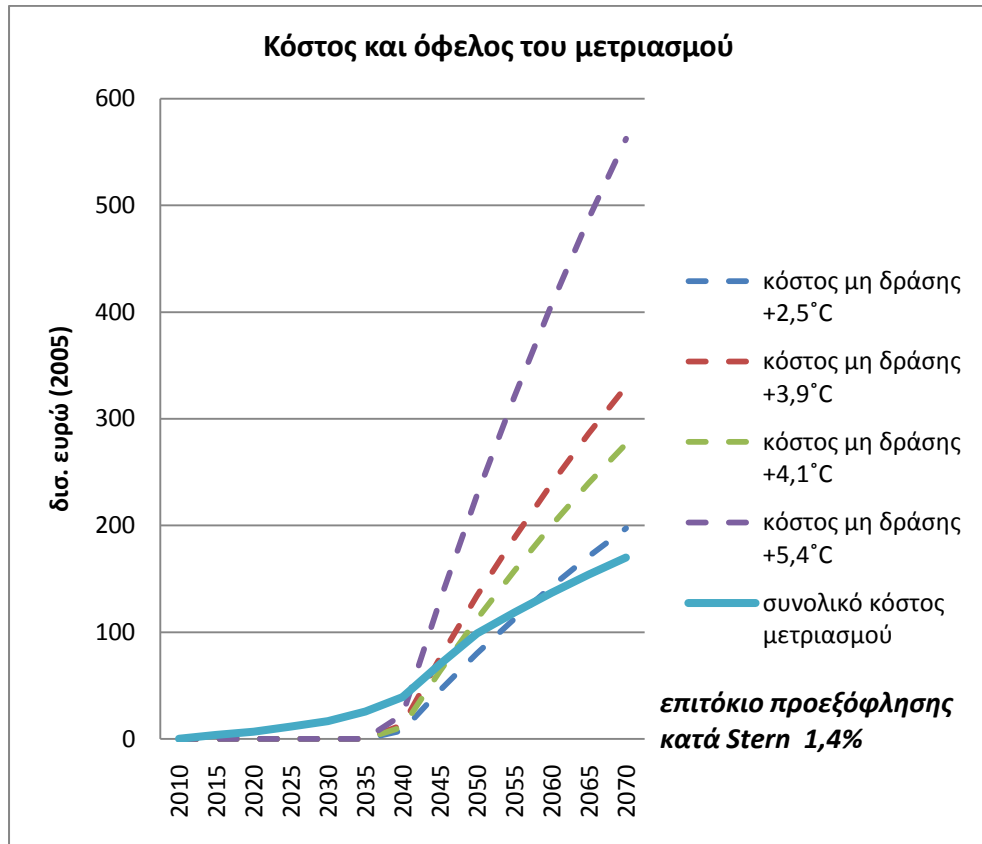
7.4 Αποτίμηση κόστους-οφέλους

Το κόστος και το όφελος του μετριασμού

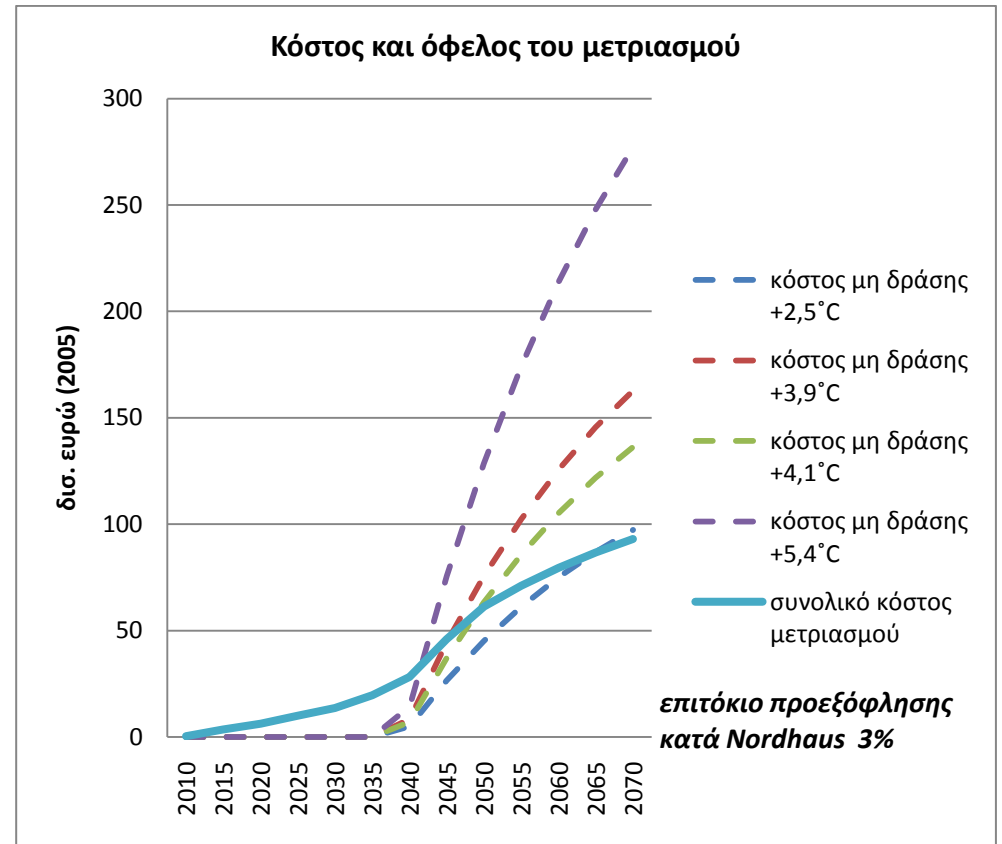
Τα Διαγράμματα 27 και 28 απεικονίζουν την εξέλιξη του κόστους των σεναρίων μη δράσης και μετριασμού, για τα δυο επιτόκια μείωσης που εφαρμόστηκαν. Σύμφωνα λοιπόν με τις εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης, το έτος 2070 **ο μετριασμός παρουσιάζει όφελος έναντι της μη δράσης** το οποίο κυμαίνεται:

- **από 4 δισ. ευρώ** για το περισσότερο ευνοϊκό σενάριο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής (+2,5°C) **έως 184 δισ. ευρώ** για το δυσμενέστερο (+5,4°C), με εφαρμογή του μέσου επιτοκίου μείωσης κατά Nordhaus (3%)
- **από 27 δισ. ευρώ** για το περισσότερο ευνοϊκό σενάριο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής (+2,5°C) **έως 392 δισ. ευρώ** για το δυσμενέστερο (+5,4°C), με εφαρμογή του χαμηλού επιτοκίου μείωσης κατά Stern (1,4%)

Το όφελος αυτό εμφανίζεται ήδη από το 2040 για το δυσμενέστερο σενάριο των +5,4°C, μετά το 2045 για το σενάριο των +3,9°C και μετά το 2050 για το σενάριο των + 4,1°C, με την εφαρμογή του επιτοκίου είτε του μέσου είτε του χαμηλού επιτοκίου. Ωστόσο, για το ευνοϊκό σενάριο των +2,5°C, με εφαρμογή του χαμηλού επιτοκίου, το όφελος εμφανίζεται μετά το 2055, ενώ με εφαρμογή του μέσου επιτοκίου, το όφελος εμφανίζεται μετά το 2065.

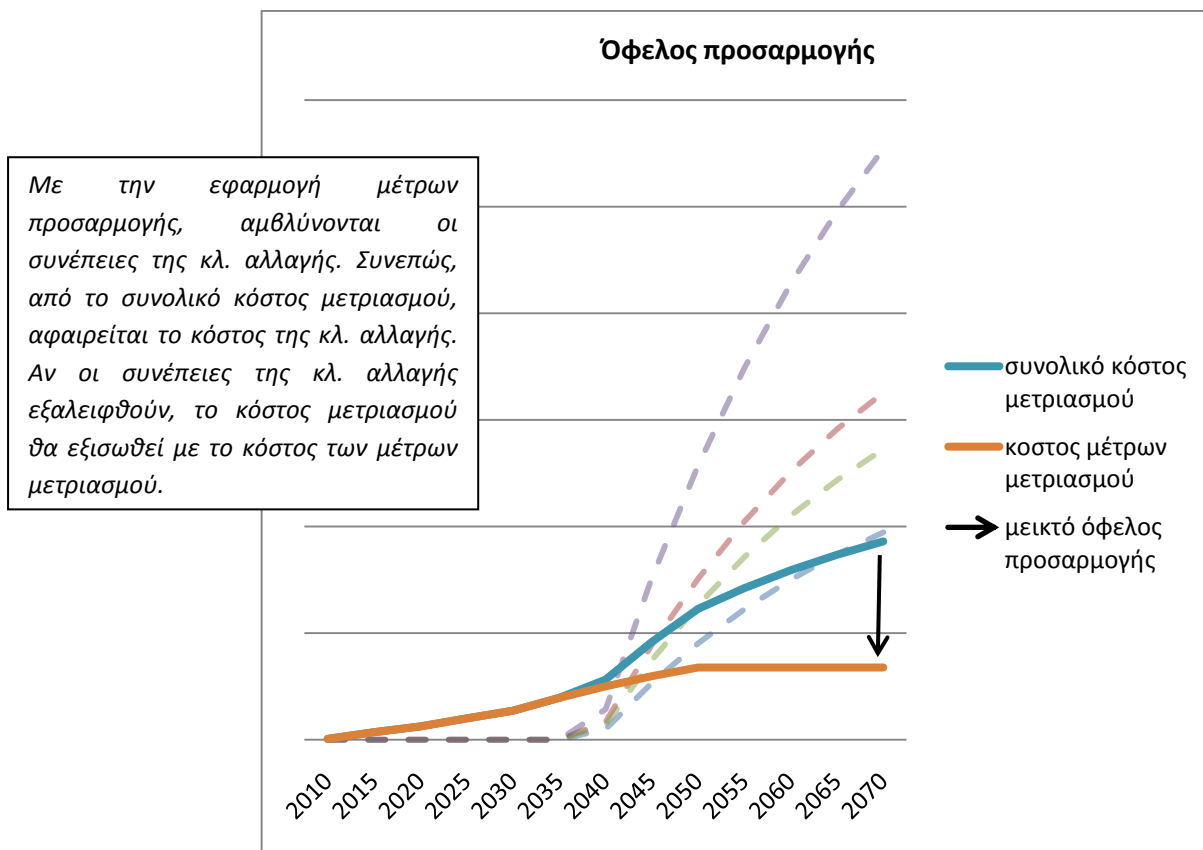


Διάγραμμα 27: Σωρευτικό κόστος μη δράσης και μετριασμού με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%)



Διάγραμμα 28: Σωρευτικό κόστος μη δράσης και μετριασμού με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%)

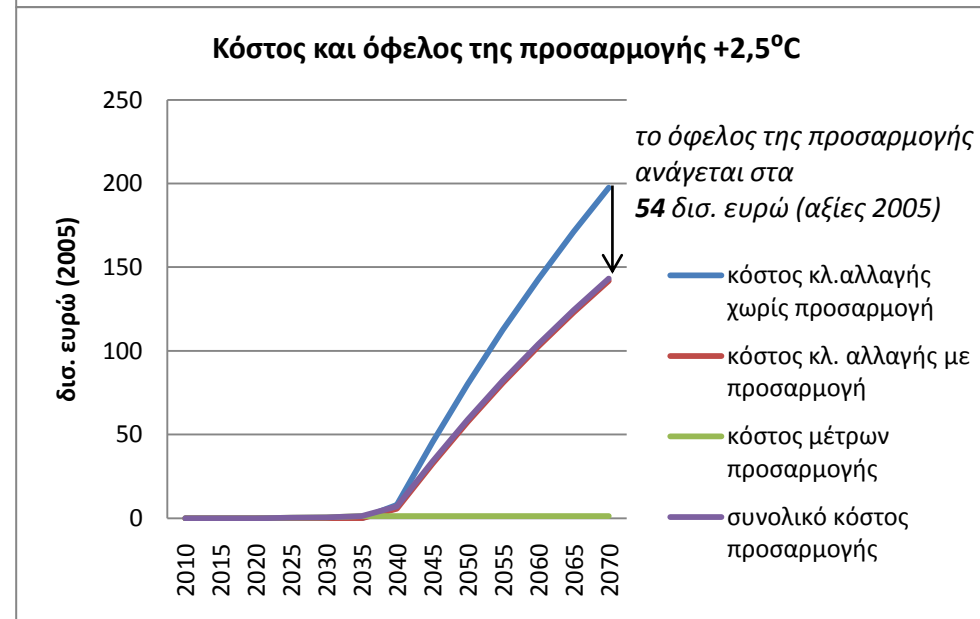
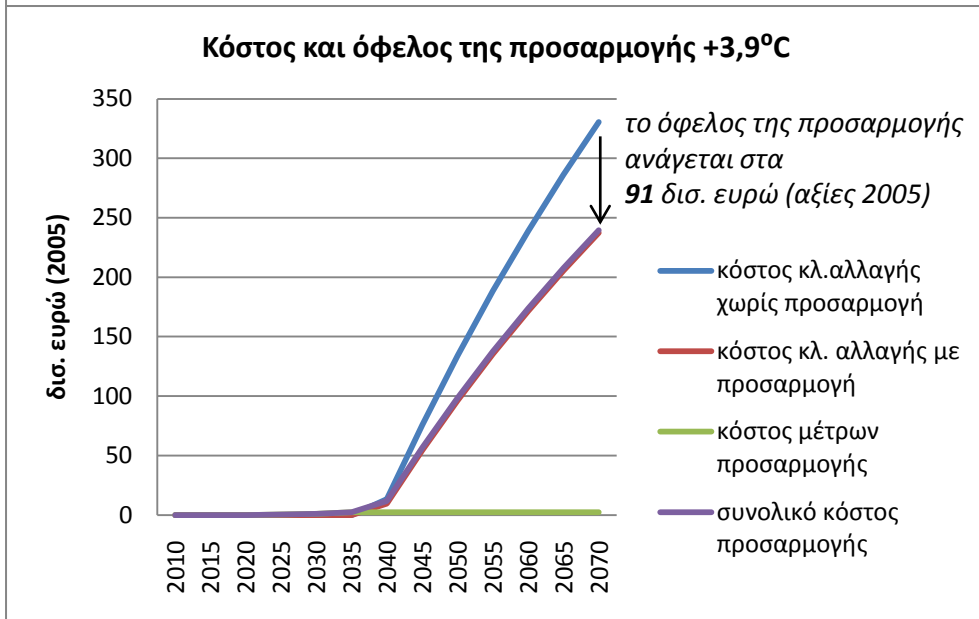
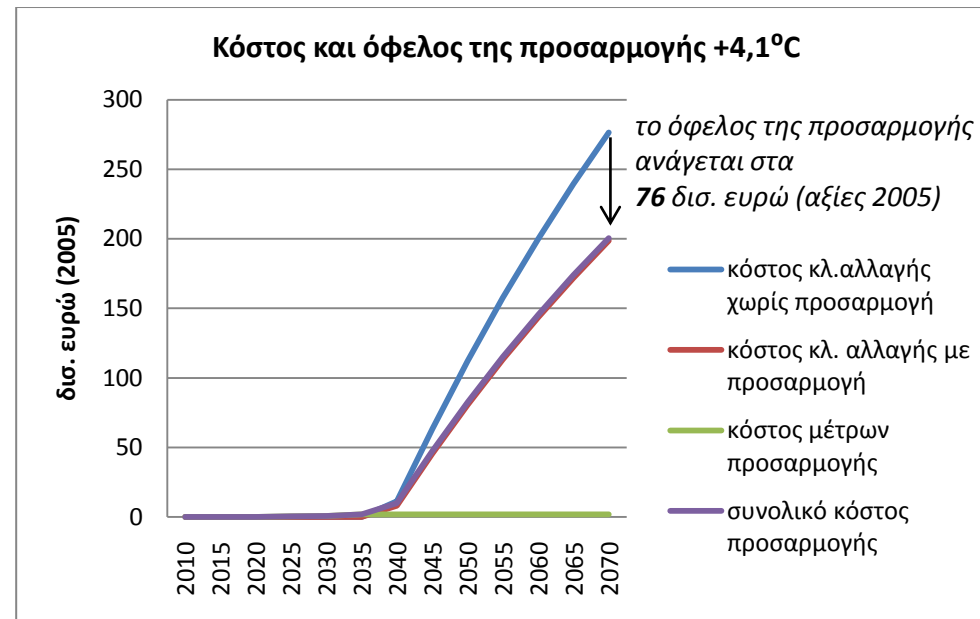
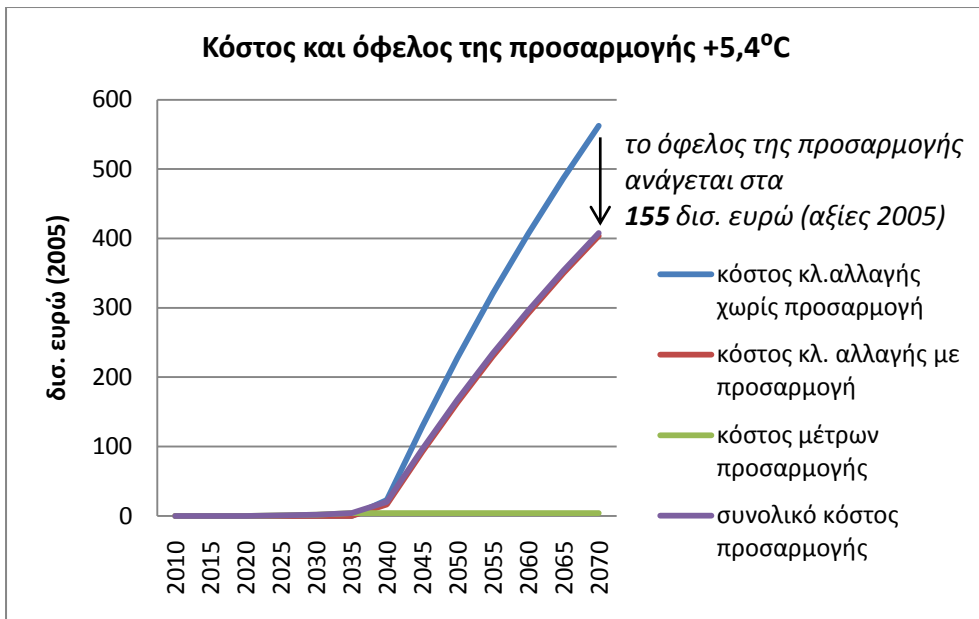
Στο σημείο αυτό, μπορούμε να ανιχνεύσουμε το εύρος του οφέλους που μπορεί να επιφέρει η προσαρμογή. Το κόστος του μετριασμού, πέρα από το κόστος των μέτρων μετριασμού, περιλαμβάνει και το κόστος από τις συνέπειες της μετριασμένης μεν, αλλά συντελούμενης κλιματικής αλλαγής. Η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων προσαρμογής, μπορεί να αμβλύνει αυτό το κόστος, μετατοπίζοντας την καμπύλη του μετριασμού προς τα κάτω. Το όφελος αυτό της προσαρμογής, θα είναι το μεικτό όφελος, δηλαδή δεν έχει συμπεριληφθεί το κόστος των αντίστοιχων μέτρων προσαρμογής.



Διάγραμμα 29: Το συνολικό κόστος μετριασμού και το κόστος μετριασμού μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής

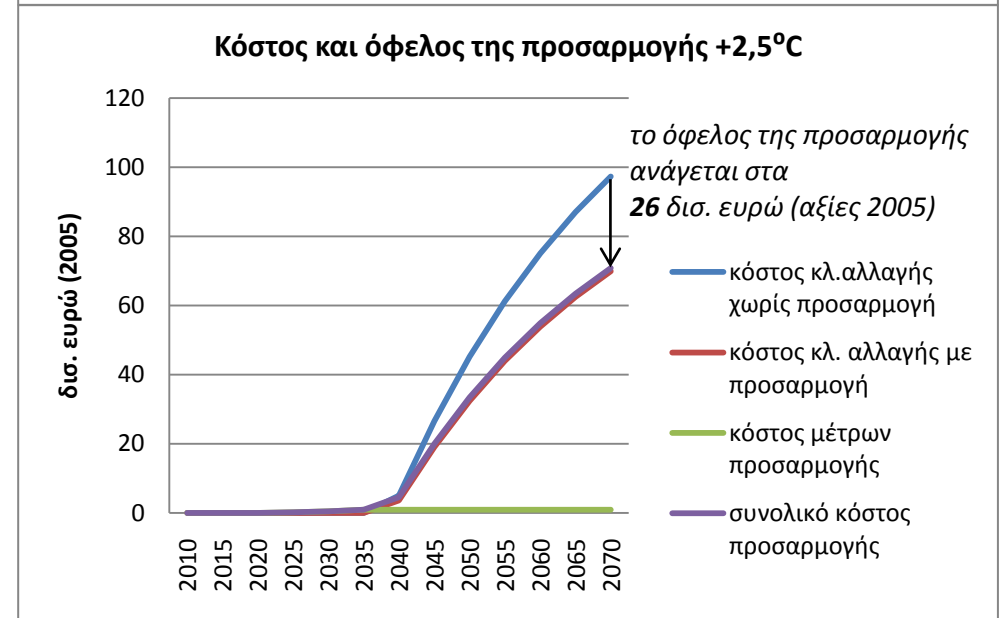
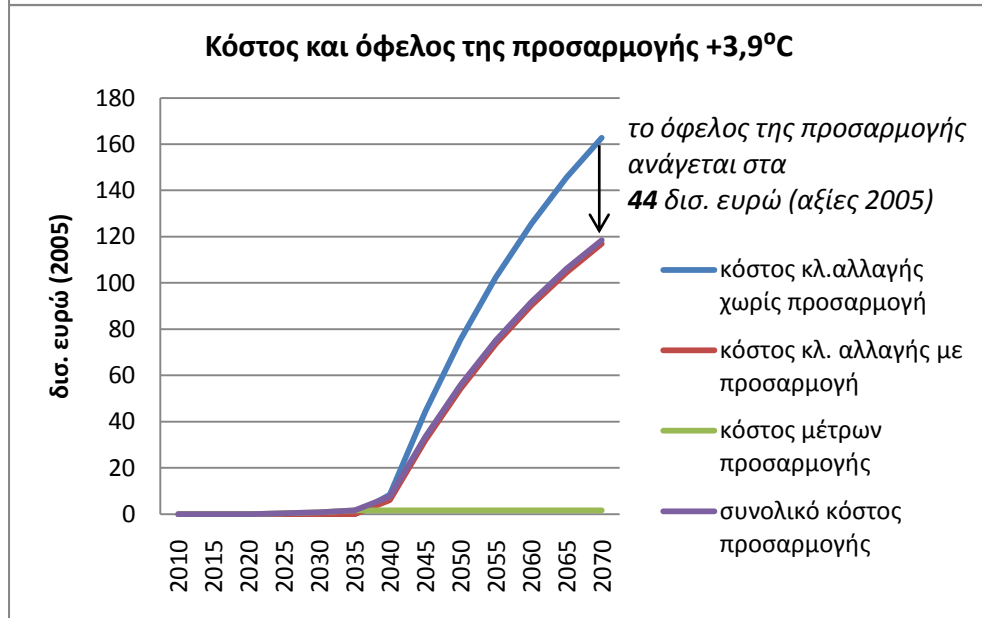
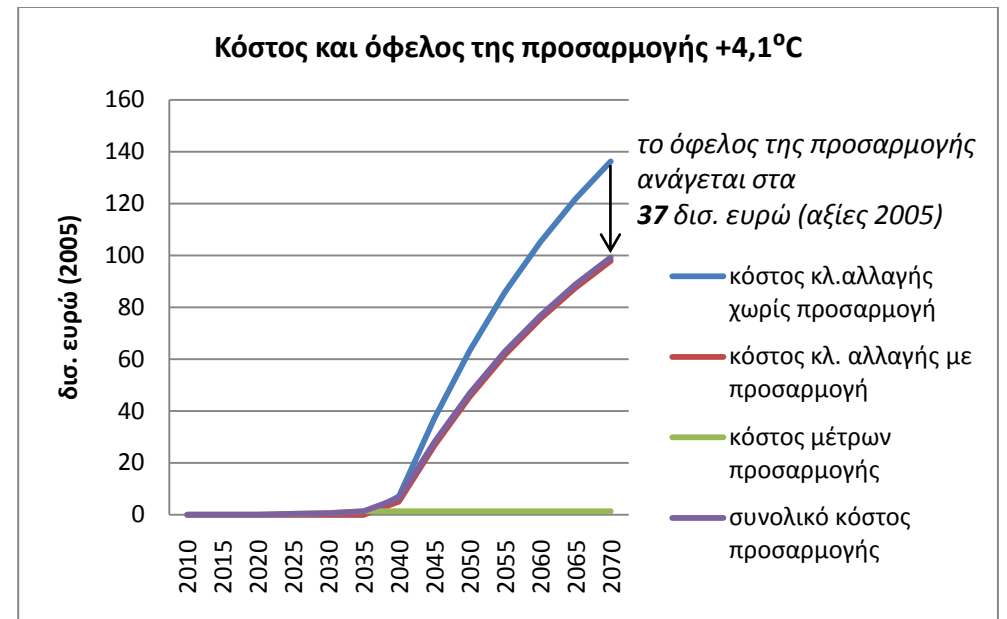
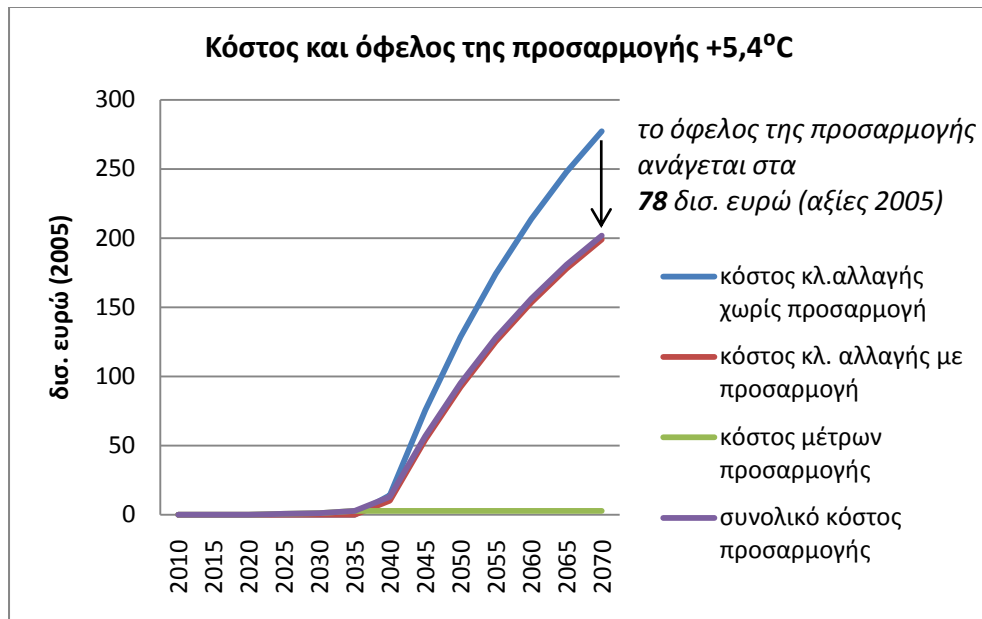
Το κόστος και το όφελος της προσαρμογής

Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται η εξέλιξη του κόστους της μη δράσης και της προσαρμογής για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, για τα δυο επιτόκια μείωσης που εφαρμόστηκαν. Σύμφωνα λοιπόν με τις εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης, **η προσαρμογή παρουσιάζει όφελος έναντι της μη δράσης**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς το κόστος των μέτρων της προσαρμογής έχει εκτιμηθεί να είναι σημαντικά μικρότερο από το καθαρό όφελος της προσαρμογής.



Διάγραμμα 30: Σωρευτικό κόστος προσαρμογής με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%)

Επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern 1,4%

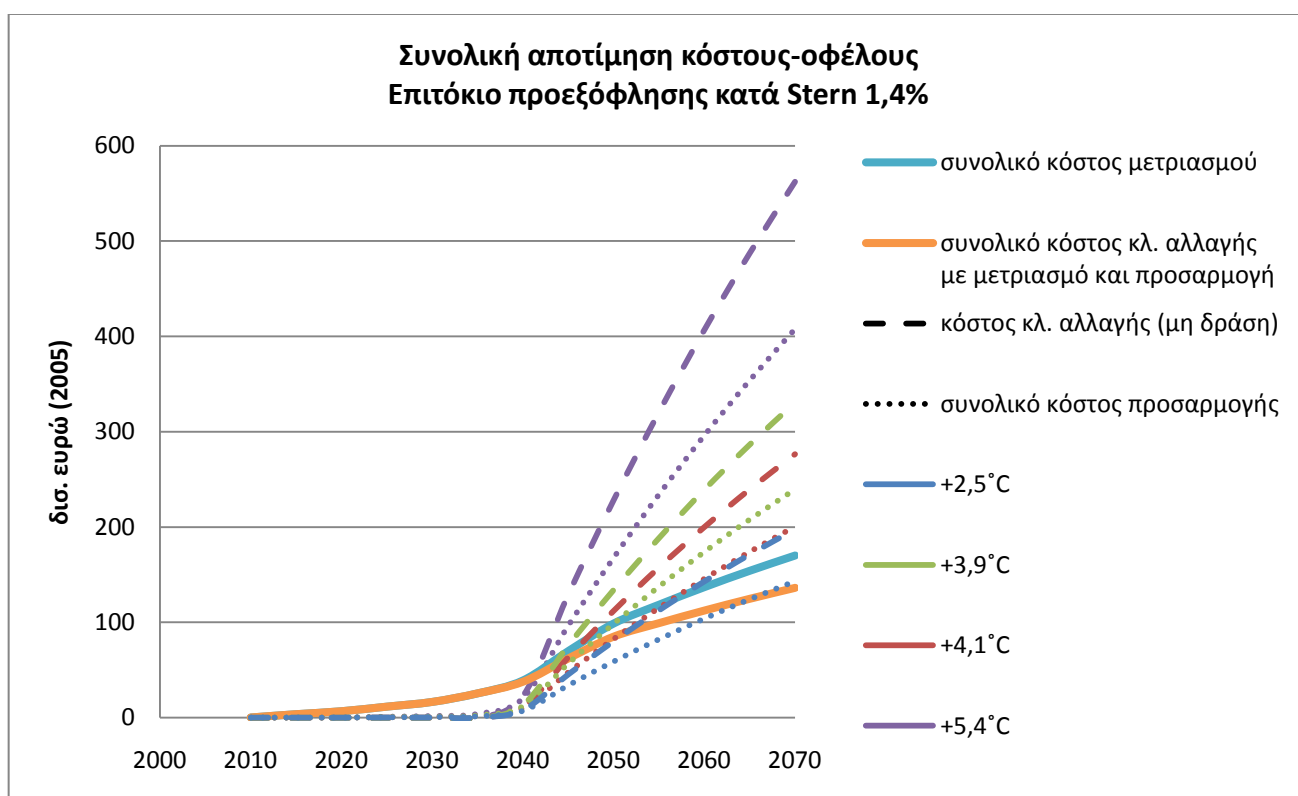


Διάγραμμα 31: Σωρευτικό κόστος προσαρμογής με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%)

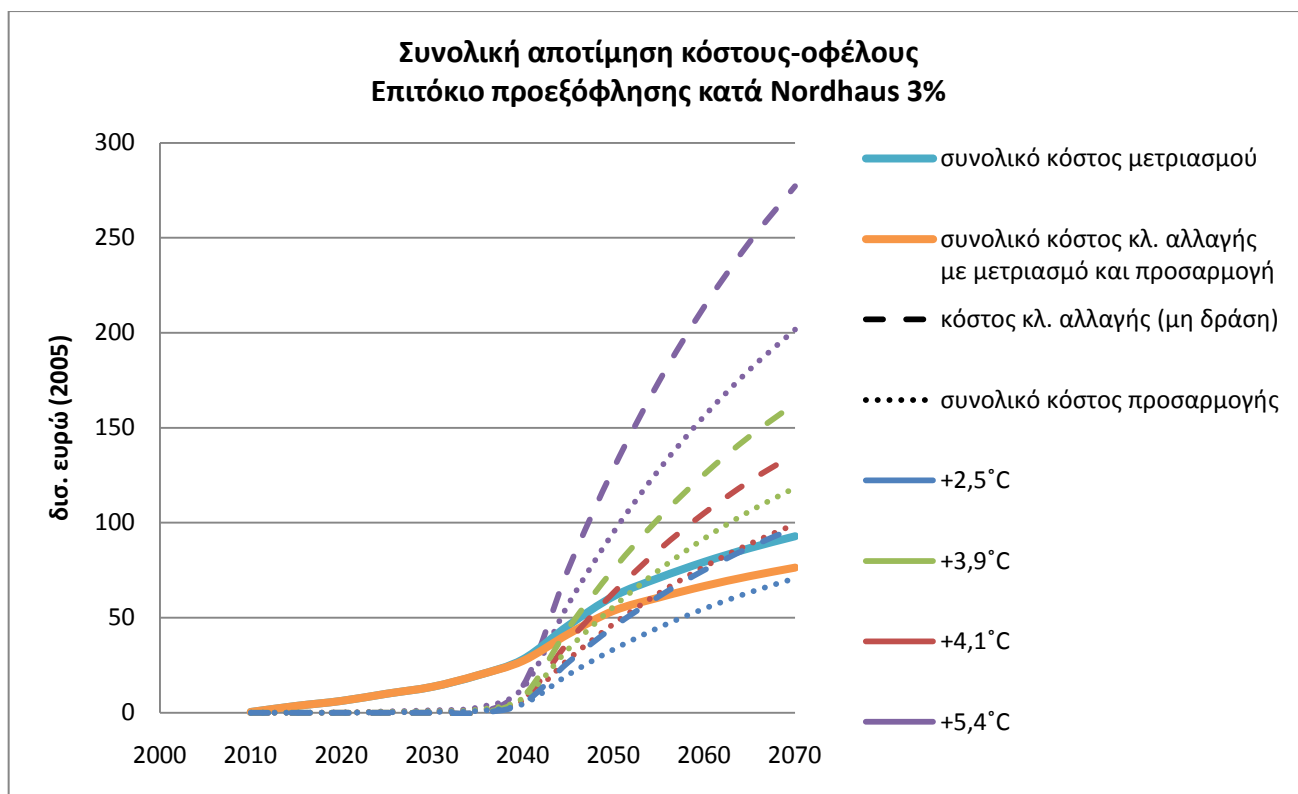
Για την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, μπορούν να συνδυαστούν οι δράσεις της προσαρμογής με τις δράσεις του μετριασμού. Με τον τρόπο αυτό, αμβλύνονται οι συνέπειες της «μετριασμένης» κλιματικής αλλαγής, που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C. Στην προηγούμενη ενότητα, συζητήθηκε το εύρος του μεικτού οφέλους που μπορεί να έχει η προσαρμογή αν εφαρμοσθεί παράλληλα με τον μετριασμό. Εφαρμόζοντας την διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κόστους προσαρμογής στο κεφάλαιο 6.3, εκτιμάται το συνολικό κόστος της προσαρμογής για την περίπτωση των 2°C. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει: α) το κόστος των μέτρων προσαρμογής και β) τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής μετά την προσαρμογή. Προκύπτει λοιπόν, ότι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης, **η συνδυασμένη λήψη μέτρων μετριασμού και προσαρμογής παρουσιάζει όφελος έναντι του μετριασμού**, το οποίο ανέρχεται στα:

- **33,757 δισ. ευρώ**, με εφαρμογή του χαμηλού επιτοκίου μείωσης κατά Stern (1,4%)
- **16,630 δισ. ευρώ** με εφαρμογή του χαμηλού επιτοκίου μείωσης κατά Nordhaus (3%)

Συνολική αποτίμηση κόστους-οφέλους



Διάγραμμα 32: Σωρευτικό κόστος όλων των σεναρίων που έχουν μελετηθεί με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%)



Διαγράμμαμα 33: Σωρευτικό κόστος όλων των σεναρίων που έχουν μελετηθεί με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%)

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης, **η συνδυασμένη δράση μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής στις συνέπειές της εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα το μικρότερο κόστος**. Εξάιρεση αποτελεί η εκτίμηση του συνολικού κόστους προσαρμογής στο ευνοϊκό σενάριο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής (+2,5°C) όταν εφαρμόζεται το μέσο επιτόκιο προεξόφλησης (3% κατά Nordhaus). Ωστόσο, στην περίπτωση της προσαρμογής οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής ενδεχομένως θα συνεχίσουν να αυξάνονται, ενώ η εφαρμογή μέτρων μετριασμού, εξασφαλίζει την σταθεροποίηση του κλίματος. Επομένως, είναι βάσιμο να συμπεράνουμε ότι σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα μετά το 2070 (όπως προκύπτει από το διάγραμμα 34) το κόστος της προσαρμογής θα είναι μεγαλύτερο από το κόστος συνδυασμού μέτρων προσαρμογής και μετριασμού.

Να σημειωθεί επίσης, ότι ο συνδυασμός μέτρων προσαρμογής και μετριασμού, μειώνει σημαντικά τον χρόνο στον οποίο εμφανίζονται τα οφέλη της δράσης έναντι στην κλιματική αλλαγή.

Κεφάλαιο 8: Επίλογος

8.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Το αντικείμενο της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. Μελετήθηκαν τρία σενάρια δράσης αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής:

- ένα σενάριο «μη δράσης», στο οποίο θεωρείται ότι η κλιματική αλλαγή συντελείται αμείωτη και δεν λαμβάνεται καμία απόφαση για την αντιμετώπισή της
- ένα σενάριο «μετριασμού της κλιματικής αλλαγής» μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 75% σε σχέση με το αντίστοιχο επίπεδο του 1990, και
- ένα σενάριο «προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή», δηλαδή της λήψης μέτρων τα οποία αμβλύνουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής

και έγινε εκτίμηση του κόστους καθενός από αυτά. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της παρούσας εργασίας, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ✓ Η συνδυασμένη δράση μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογής στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα το μικρότερο κόστος.
- ✓ Η κλιματική αλλαγή την περίοδο 2040 με 2070 μπορεί να επιφέρει ετήσια μείωση του ΑΕΠ από -2,52% έως -7,18%.
- ✓ Οι τομείς που πλήττονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή είναι οι τομείς της γεωργίας, του τουρισμού, των δασικών πυρκαγιών και της διαθεσιμότητας νερού.
- ✓ Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που αφορούν την γεωργία και τον τουρισμό συνεισφέρουν περισσότερο στην πτώση του ΑΕΠ. Επομένως, δράσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή πρέπει να είναι πρωτίστως επικεντρωμένες στο να αμβλύνουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής σε αυτούς τους τομείς.
- ✓ Οι ενέργειες που πρέπει να ληφθούν για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης κατά 75% των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050, περιλαμβάνουν:
 - Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, ηλεκτρικών συσκευών κλπ.
 - Αναβάθμιση του συστήματος διανομής και μεταφοράς.
 - Εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς σε ποσοστό 8% μέχρι το 2030 και 26% μέχρι το 2050.
 - Εξηλεκτρισμό των οδικών μεταφορών σε ποσοστό 7% μέχρι το 2030 και 46% μέχρι το 2050.
 - Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 38% μέχρι το 2030 και 46% το 2050.
 - Χρήση τεχνολογιών CCS στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα.
 - Εκτεταμένη χρήση τεχνολογίας συμπαραγωγής και της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού.

8.2 Αξιολόγηση

Σκοπός της παρούσας εργασίας δεν είναι η ακριβής πρόβλεψη του κόστους της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα, αλλά μια πρώτη προσπάθεια αποτύπωσης των οικονομικών συνεπειών της αλλαγής τους κλίματος στην ελληνική οικονομία καθώς και η διερεύνηση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την αποτίμηση κόστους-οφέλους των διαφορετικών δράσεων απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

Κατά την μελέτη των οικονομικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στα σενάρια της μη δράσης και της προσαρμογής, δόθηκε από τους συγγραφείς περισσότερη έμφαση στον τρόπο με τον οποίο μεταφράζονται οι οικονομικές συνέπειες και εισάγονται στο μοντέλο γενικής ισορροπίας GEM-E3. Οι όποιες εκτιμήσεις αυτών, έχουν προκύψει από αναγωγή στο επίπεδο της Ελλάδας αποτελεσμάτων άλλων μελετών, και ενδέχεται είτε να υποτιμούν είτε να υπερτιμούν το πραγματικό εύρος των οικονομικών επιπτώσεων. Συνεπώς, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στις αντίστοιχες υποενότητες πρέπει να μελετηθούν από τον αναγνώστη κυρίως ως προς την τάξη μεγέθους και όχι ως προς τις ακριβείς αριθμητικές τιμές τους. Ακόμη, ιδιαίτερης αξίας είναι η μελέτη της επίπτωσης στα μακροοικονομικά μεγέθη της Ελλάδας, κάθε τομέα που πλήττεται από την κλιματική αλλαγή ξεχωριστά. Μέσω της σύγκρισης των επιπτώσεων κάθε μεμονωμένου τομέα, είναι δυνατή η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με τους τομείς οι οποίοι αναμένεται να επηρεαστούν περισσότερο από την αλλαγή του κλίματος, καθώς και το ποιες είναι οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής που θα έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στο ΑΕΠ.

Όσον αφορά τις εκτιμήσεις για τις φυσικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής που χρησιμοποιήθηκαν, στα πλαίσια του υπολογισμού του κόστους της μη δράσης και της προσαρμογής, αυτές, ελλείψει ύπαρξης ολοκληρωμένων σχετικών ελληνικών μελετών, προέρχονται από την μελέτη PESETA. Σε τομείς όπως για παράδειγμα των δασικών πυρκαγιών και της διαθεσιμότητας νερού, οι οποίοι δεν μελετώνται στην μελέτη PESETA, οι εκτιμήσεις που παρουσιάζονται έχουν ληφθεί από συνδυασμό μελετών της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας. Επιπλέον, σε ορισμένες υποενότητες, όπως παραδείγματος χάριν την διαθεσιμότητα νερού και την υγεία, έχει παραληφθεί η μελέτη ορισμένων παραγόντων (οι οποίοι όμως αναφέρονται και περιγράφονται) λόγω πλήρους έλλειψης στοιχείων. Κατά συνέπεια, στην παρούσα μελέτη, το κόστος της μη δράσης δεν βασίζεται σε ένα ενιαίο επιστημονικό πλαίσιο, γεγονός που περιορίζει την ακρίβεια των αριθμητικών αποτελεσμάτων και αποτελεί εμπόδιο στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Τέλος, για τους σκοπούς της σύγκρισης των σεναρίων έχουν πραγματοποιηθεί μια σειρά από απλουστευτικές παραδοχές οι οποίες ενδεχομένως να επηρεάζουν με πολύ σημαντικό τρόπο το τελικό αποτέλεσμα. Η εκτίμηση του κόστους σε καθένα από τα σενάρια έχει γίνει σε διαφορετικό πλαίσιο, με διαφορετικές παραδοχές κοινωνικό-οικονομικής εξέλιξης και τεχνολογικής προόδου. Η μελέτη του κόστους της μη δράσης πραγματοποιήθηκε πρώτη φορά στην παρούσα εργασία. Η μελέτη του κόστους του μετριασμού της κλ. αλλαγής έγινε με την χρήση αποτελεσμάτων σχετικής μελέτης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο του Εργαστηρίου Υποδειγμάτων Οικονομίας-Ενέργειας-Περιβάλλοντος (E3-Mlab) ενώ η μελέτη του κόστους της προσαρμογής στην κλ. αλλαγή έγινε αξιοποιώντας μελέτη του UNFCCC για την προσαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια πρώτη απόπειρα ποιοτικής αποτίμησης του κόστους της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. Με περαιτέρω επεξεργασία δύναται να αποτελέσει αξιόπιστο εργαλείο λήψης αποφάσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

8.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- ✓ Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας, κατέστη σαφές πως είναι επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας ενός επιστημονικού πλαισίου, ανεπτυγμένο συγκεκριμένα για την Ελλάδα, σχετικά με τις φυσικές επιπτώσεις και τις άμεσες οικονομικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.
- ✓ Είναι σημαντικό σε μια τέτοια εργασία να συμπεριληφθεί η μελέτη των ακραίων και απρόβλεπτων κλιματικών φαινομένων που θα συνοδεύουν την κλιματική αλλαγή.
- ✓ Ο χρονικός ορίζοντας της μελέτης είναι σκόπιμο να επεκταθεί τουλάχιστον μέχρι το 2100, με στόχο την βέλτιστη εποπτεία των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής με τον χρόνο η κλιματική αλλαγή γίνεται εντονότερη και οι συνέπειές της όλο και καταστροφικότερες. Επομένως το να συμπεριληφθεί το κόστος καταστροφικών αλλαγών θα έχει πολύ μεγάλη επίδραση στην μελέτη.
- ✓ Ιδιαίτερα χρήσιμη, είναι η μελέτη για το ποιές μεταβολές της κλιματικής αλλαγής συνεισφέρουν περισσότερο στην πτώση του ΑΕΠ, για μεγαλύτερο εύρος έντασης αυτών. Με τον τρόπο αυτό, θα προκύψει μια σαφής εικόνα της «ευπάθειας» της ελληνικής οικονομίας στην κλιματική αλλαγή.
- ✓ Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, κατά την μελέτη με το υπόδειγμα GEM-E3, θεωρήθηκε πως οι υπόλοιπες χώρες δεν πλήττονται από την κλιματική αλλαγή. Δεδομένου πως η Ελλάδα δεν είναι αποκομμένη οικονομικά από τον υπόλοιπο κόσμο, η προσέγγιση αυτή είναι μη ρεαλιστική. Συνεπώς είναι απαραίτητη η αποτύπωση των συνεπειών στην ελληνική οικονομία στα πλαίσια μιας μελέτης της κλιματικής αλλαγής σε διεθνές επίπεδο.
- ✓ Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ακριβής υπολογισμός του κόστους της προσαρμογής. Επίσης, η μελέτη των τριών σεναρίων της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού θα πρέπει να γίνει με βάση ένα κοινό επιστημονικό πλαίσιο, όπως επίσης και με κοινές παραδοχές για τις κοινωνικό-οικονομικές εξελίξεις και την τεχνολογική πρόοδο. Έτσι μόνο θα καταστεί δυνατή η αξιόπιστη σύγκριση του κόστους της προσαρμογής με αυτό της μη δράσης και αυτό του μετριασμού, με στόχο την επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής που θα πρέπει να ακολουθήσει η χώρα μας ενάντια στην επερχόμενη κλιματική αλλαγή.

Παράρτημα Α: Το μοντέλο PRIMES

Το PRIMES είναι ένα μοντέλο ισορροπίας που προσομοιώνει την αγορά ενέργειας. Το μοντέλο καθορίζει το ισοζύγιο της αγοράς βρίσκοντας την τιμή κάθε μορφής ενέργειας έτσι ώστε η βέλτιστη για τους παραγωγούς προσφερόμενη ποσότητα ενέργειας να αντιστοιχεί στην ζητούμενη από τους καταναλωτές. Το ισοζύγιο είναι στατικό στα πλαίσια κάθε χρονικής περιόδου, αλλά με χρήση κατάλληλων δυναμικών σχέσεων προκύπτει για συνεχόμενο χρονικό διάστημα.

Η οργάνωση του μοντέλου γίνεται σε «υπομοντέλα», καθένα από τα οποία προσομοιώνει την συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου (ή αντιπροσωπευτικού) παράγοντα του ενεργειακού συστήματος, έναν καταναλωτή ή/και έναν παραγωγό ενέργειας (πχ, σταθμοί συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και ατμού είναι τόσο καταναλωτές όσο και προμηθευτές ενέργειας). Γενικά, το μοντέλο είναι μη γραμμικό, καθώς περιλαμβάνει σχέσεις που περιγράφουν τις οικονομίες κλίμακος και ακολουθεί μια πολιτική υιοθετήσεων νέων τεχνολογιών “learning by doing”.

Η συμπεριφορά κάθε παράγοντα μοντελοποιείται σύμφωνα με τους νόμους της μικροοικονομίας: κάθε παράγοντας επιδιώκει την μεγιστοποίηση του οφέλους (κέρδος, χρησιμότητα κλπ) από την ζήτηση ή/και την προσφορά ενέργειας (για τον βιομηχανικό τομέα περιλαμβάνεται και η χρήση μη-ενεργειακών συντελεστών παραγωγής), υπό περιορισμούς οι οποίοι αφορούν στα επίπεδα απασχόλησης, απαιτούμενης άνεσης, εξοπλισμού, διαθέσιμης τεχνολογίας, περιβαλλοντικών παραμέτρων και διαθεσιμότητας καυσίμων. Η χρήση των νόμων της μικροοικονομίας ως θεμέλιο της ανάλυσης είναι ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του μοντέλου και εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς. Παρ’ όλο που οι αποφάσεις που παίρνει το μοντέλο είναι οικονομικής φύσεως, οι περιορισμοί που εισάγονται και το εύρος των δυνατοτήτων του μοντέλου αντανακλούν μηχανικούς περιορισμούς και δυνατότητες. Επομένως, το μοντέλο συνδυάζει οικονομικά και μηχανική, εξασφαλίζοντας την συνέπεια των αποτελεσμάτων του. Ως μοντέλο ανάλυσης συστημάτων ενέργειας είναι σαφώς πιο συγκεντρωτικό σε σχέση με καθαρά μηχανολογικά μοντέλα, αλλά πιο αναλυτικό από αμιγώς οικονομετρικά μοντέλα.

Βασιζόμενο σε υποθέσεις για το ισχύον καθεστώς ανταγωνισμού της ενεργειακής αγοράς, κάθε παράγον θεωρείται ότι καθορίζει την τιμή ως παραγωγός. Όλες οι οικονομικές αποφάσεις των παραγόντων είναι δυναμικές και αφορούν στην λειτουργία του υπάρχοντος εξοπλισμού (σταθμοί παραγωγής) και τις επενδύσεις σε νέο εξοπλισμό, είτε ο εξοπλισμός χρησιμοποιεί είτε παράγει ενέργεια. Η διαμόρφωση του κεφαλαίου γίνεται δυναμικά: ο εξοπλισμός έχει τα τεχνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά της περιόδου κατά την οποία έγινε η επένδυση σε αυτόν. Η αλλαγή του κεφαλαίου γίνεται δυναμικά και το μοντέλο παρακολουθεί τον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό και τα χαρακτηριστικά του. Η επενδυτική συμπεριφορά των παραγόντων αφορά την απόφαση για κατασκευή ή αγορά νέου ενεργειακού εξοπλισμού ώστε να καλυφθούν νέες ανάγκες, ή για μετασκευή του υπάρχοντος εξοπλισμού ή ακόμα για πρόωπη αντικατάσταση παλαιού εξοπλισμού για οικονομικούς λόγους.

Ο σχεδιασμός της συμπεριφοράς των παραγόντων λαμβάνει υπ’ όψιν τις υπάρχουσες τεχνολογίες καθώς και τεχνολογίες που αναμένεται να γίνουν διαθέσιμες στο μέλλον. Οι αποφάσεις για επιλογή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί βασίζονται στα τεχνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία με την πάροδο του χρόνου αλλάζουν είτε εξωγενώς είτε επειδή υπάρχει συγκεκριμένος σχεδιασμός της τεχνολογικής εξέλιξης (learning and scale effects).

Η επενδυτική συμπεριφορά των παραγόντων, η αγορά διαρκών αγαθών και τα έξοδα αποθήκευσης ενέργειας, φυσικά αφορούν την επένδυση κεφαλαίου, επομένως οι οικονομικοί υπολογισμοί εμφανίζονται ως ετήσιες πληρωμές για κεφάλαιο. Οι ετήσιες πληρωμές εξαρτώνται από ένα (πραγματικό) επιτόκιο, συγκεκριμένο για κάθε παράγοντα του ενεργειακού συστήματος (τομέα). Η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου βασίζεται στην έννοια του «σταθμισμένου μέσου κόστους κεφαλαίου» (WACC, weighted average cost of capital), το οποίο προκύπτει με χρήση: ενός βασικού ακίνδυνου επιτοκίου για το καθαρό κεφάλαιο, ενός επιτοκίου δανεισμού τράπεζας για το κεφάλαιο που δανείζεται και ένα επιτόκιο υψηλού κινδύνου για τις επενδύσεις στις καινοτόμες τεχνολογίες, καθώς είναι πιθανό να κριθούν ανεπαρκείς παραγωγικά σε σχέση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, κάτι που εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό ρίσκο.

Επίσης, το μοντέλο υπολογίζει τις εκπομπές αερίων από την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας και λαμβάνει υπ' όψιν δεδομένα και πολιτικές σχετικά με το επίπεδο των εκπομπών και τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες. Οι τιμές της ενέργειας υπολογίζονται με βάση το κόστος παραγωγής και των υποδομών, στα πλαίσια του ισχύοντος καθεστώτος ανταγωνισμού και των κανόνων καθορισμού των τιμών. Επηρεάζονται ακόμη από πολιτικές φορολογίας, εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών κα. Οι τιμές με την σειρά τους επηρεάζουν την ζήτηση ενέργειας και έτσι το μοντέλο προσομοιώνει ένα κλειστό κύκλο αλληλεξαρτήσεων μεταξύ της παραγωγής της ζήτησης και των τιμών. Οι συναλλαγές μεταξύ των παραγωγών ενέργειας περιγράφονται ως συνάρτηση των σχετικών τιμών, των υποδομών και των περιορισμών της αγοράς.

Το μοντέλο PRIMES έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετήσει πολλούς σκοπούς, όπως για την εξέταση των προοπτικών στην ενέργεια, την κατασκευή σεναρίων και την μελέτη των συνεπειών ενεργειακής πολιτικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποστηρικτικό εργαλείο για ανάλυση πολιτικής στα ακόλουθα πεδία:

- Συνηθισμένα θέματα ενεργειακής πολιτικής: ασφάλεια παραγωγής, στρατηγική, κόστη κλπ
- Περιβαλλοντικά θέματα
- Πολιτική τιμολόγησης και φορολογίας
- Νέες τεχνολογίες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Επάρκεια ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης
- Δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών καυσίμων
- Θέματα αποκέντρωσης, απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρισμού
- Θέματα πολιτικής που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρισμού, την διανομή φυσικού αερίου και τις καινούργιες μορφές ηλεκτρικής ενέργειας

Το μοντέλο περιλαμβάνει υποσυστήματα για κάθε είδος παραγωγής ενέργειας (από πετρέλαιο και πετρελαιοειδή, φυσικό αέριο, λιθάνθρακα, βιομάζα, παραγωγή ηλεκτρισμού ή θέρμανσης κα.) και για κάθε τομέα τελικής κατανάλωσης (οικιακό, εμπορικό, μεταφορών και άλλους εννέα βιομηχανικούς τομείς). Μεταξύ τους αυτά αλληλεπιδρούν μέσω της ανταλλαγής καυσίμων και των τιμών και τελικά προκύπτει ισορροπία για όλο το ενεργειακό σύστημα.

Τυπικά δεδομένα εισόδου του μοντέλου PRIMES

- GDP και η δραστηριότητα κάθε οικονομικού τομέα
- Η παγκόσμια ενεργειακή προοπτική, τιμές ορυκτών καυσίμων
- Η πολιτική φορολογίας και επιδοτήσεων

- Επιτόκια
- Περιβαλλοντικές πολιτικές και περιορισμοί των εκπομπών
- Υποδομή των δικτύων ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου
- Τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά μελλοντικών ενεργειακών τεχνολογιών
- Συνήθειες ενεργειακής κατανάλωσης και επίπεδα άνεσης
- Καμπύλες κόστους-παραγωγής για την παραγωγή ενέργειας, γεωγραφικές δυνατότητες για εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής, δυνατότητες για εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά τύπο, κα.

Τυπικά αποτελέσματα του μοντέλου PRIMES (μπορούν όλα να προκύψουν ανά χώρα και χρονική περίοδο)

- Λεπτομερή ενεργειακά ισοζύγια (με την μορφή των ισοζυγίων της EYROSTAT).
- Λεπτομερή ισοζύγια για τον ηλεκτρισμό και τον ατμό/θέρμανση.
- Παραγωγή από νέους τύπους καυσίμων.
- Δραστηριότητα μεταφορών, μέσα και οχήματα.
- Σχέσεις χρήσης ενέργειας και δραστηριότητας.
- Επενδύσεις, χρησιμοποιούμενες και παλιές τεχνολογίες ανά τομέα παραγωγής και ζήτησης.
- Κόστος ενέργειας, τιμές και έξοδα επενδύσεων ανά τομέα και συνολικά στο ενεργειακό σύστημα.
- Εκπομπές του ενεργειακού τομέα
- Δείκτες εκτίμησης πολιτικής.

Παράρτημα Β: Το μοντέλο GEM-E3

Το μοντέλο Gem-E3 (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions) είναι μοντέλο γενικής ισορροπίας, το οποίο αντιπροσωπεύει ταυτόχρονα 21 περιοχές παγκοσμίως/ 24 ευρωπαϊκές χώρες και παρέχει λεπτομέρειες για την μακροοικονομία και τις αλληλεπιδράσεις της με το περιβάλλον και το ενεργειακό σύστημα. Καλύπτει όλους τους τομείς παραγωγής (συγκεντρωμένους σε 26 κατηγορίες) και όλους τους θεσμικούς παράγοντες της οικονομίας. Είναι ένα εμπειρικό, μεγάλης κλίμακας μοντέλο, γραμμένο εξ' ολοκλήρου με αυστηρή δομική μορφή. Το μοντέλο ακολουθεί μια υπολογιστική προσέγγιση γενικής ισορροπίας · υπολογίζει τις τιμές ισορροπίας αγαθών, υπηρεσιών, εργασίας και κεφαλαίου ώστε όλες οι αγορές να ικανοποιούν ταυτόχρονα τον νόμο Walras και καθορίζει την βέλτιστη ισορροπία μεταξύ προσφοράς-ζήτησης ενέργειας και εκπομπών-μείωσης εκπομπών. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου είναι τα ακόλουθα:

- Το πεδίο του είναι γενικό, υπό δυο έννοιες: περιλαμβάνει όλες τις αγορές ταυτόχρονα και αναπαριστά το σύστημα με συνέπεια στην γεωγραφία, τα υποσυστήματα (ενέργειας, περιβάλλοντος και οικονομίας) και τους δυναμικούς μηχανισμούς που διέπουν την συμπεριφορά των διαφόρων παραγόντων του συστήματος.
- Λαμβάνει ειδικά υπ' όψιν τους μηχανισμούς εκκαθάρισης και την σχετική διαμόρφωση των τιμών για τις αγορές της ενέργειας, του περιβάλλοντος και της οικονομίας: οι τιμές υπολογίζονται ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης προσφοράς και ζήτησης και εκτός του τέλει ανταγωνισμού, επιτρέπονται και διαφορετικοί μηχανισμοί εκκαθάρισης για κάθε αγορά.
- Παρόλο που είναι παγκόσμιο, το μοντέλο έχει να επιδείξει έναν επαρκή βαθμό αναλυτικότητας αναφορικά με τους διαφορετικούς τομείς και τα δομικά χαρακτηριστικά των οργάνων και πολιτικών που διέπουν την σχέση ενέργειας –περιβάλλοντος (πχ. φορολογία) για κάθε χώρα. Το μοντέλο αποφασίζει ενδογενώς για τις τεχνολογίες παραγωγής που θα χρησιμοποιηθούν επιτρέποντας να προκύψει η άμεση κατανάλωση και η χρησιμοποίηση κεφαλαίου και εργασίας από την τιμή. Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, η επιλογή των συντελεστών παραγωγής μπορεί να βασιστεί σε ειδική μοντελοποίηση των τεχνολογιών. Για την πλευρά της ζήτησης, το μοντέλο καθορίζει την συμπεριφορά του καταναλωτή και κάνει διάκριση μεταξύ των διαρκών (εξοπλισμός) και καταναλώσιμων αγαθών και υπηρεσιών.
- Το μοντέλο είναι δυναμικό, οδηγούμενο από την συσσώρευση κεφαλαίου και εξοπλισμού. Η τεχνολογική πρόοδος περιγράφεται ειδικά στην συνάρτηση παραγωγής, είτε ενδογενώς είτε εξωγενώς.
- Το μοντέλο διαμορφώνει άδειες ρύπανσης για ατμοσφαιρικούς ρύπους και όργανα ευελιξίας που επιτρέπουν ποικιλία επιλογών, συμπεριλαμβανομένων: διανομής (δημοπρασίας, grandfathering κα.) , συστήματα απαλλαγών, ανακύκλωσης των εσόδων κα.
- Τα παραδοσιακά μακροοικονομικά μοντέλα είναι αρκετά περιορισμένα ώστε να μην ενδείκνυνται για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή πολιτικών. Αντίθετα, μοντέλα γενικής ισορροπίας αφήνουν περιθώρια για συνεπή συγκριτική ανάλυση σεναρίων πολιτικής, καθώς εξασφαλίζουν ότι σε όλα τα σενάρια το οικονομικό σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία. Επιπλέον, τα μοντέλα γενικής ισορροπίας ενσωματώνουν σε ένα μακροοικονομικό πλαίσιο μηχανισμούς και θεμελιώδη χαρακτηριστικά της μικροοικονομίας, εξασφαλίζοντας ότι οι συμπεριφορές που περιγράφονται αντιπροσωπεύονται πλήρως και με συνέπεια.

Το GEM-E3, όντας δομημένο πάνω στην οικονομική θεωρία, προσφέρει την δυνατότητα να παρακολουθήσει ένας αναλυτής τις επιπτώσεις μιας πολιτικής επί της κοινωνικής ευημερίας. Υπό λογικές

παραδοχές, η ευημερία μπορεί να προσδιοριστεί με χρήση παραμέτρων, όπως την ροή των συναλλαγών, τις επενδύσεις, την κατανάλωση και το ΑΕΠ. Με τον τρόπο αυτό, η «συνάρτηση της ευημερίας», μια έννοια που δεν μπορεί να παρατηρηθεί μαθηματικά, μεταφράζεται σε ποσοτικοποιημένο μέτρο ικανοποίησης.

Το Gem-E3 είναι ένα μοντέλο πολυχρηστικό, και η χρησιμοποίησή του στοχεύει στο να σκιαγραφήσει με ακρίβεια θέματα πολιτικής τα οποία αναμένεται να υλοποιηθούν σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για την μελέτη θεμάτων που αφορούν:

- Την ανάλυση των οργάνων της αγοράς για εφαρμογή της σχετικής με την ενέργεια περιβαλλοντικής πολιτικής, όπως φόρους, επιδόματα, κανονισμούς, άδειες ρύπων κα., σε μεγάλη λεπτομέρεια ώστε να είναι επαρκής για την αξιολόγηση πολιτικών σε εθνικό και πανευρωπαϊκό επίπεδο.
- Την αξιολόγηση προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για αειφόρο οικονομική ανάπτυξη, πχ. τα προγράμματα τεχνολογίας και υποδομών
- Την εκτίμηση των επιπτώσεων της εφαρμογής προγραμμάτων και πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε περιοχές με διαφορετικά κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων της κοινωνικής ισότητας, της απασχόλησης και της συνοχής για τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες της Ένωσης.
- Την ανάλυση των αλληλεπιδράσεων των αγορών ανά την Ευρώπη, υπό το πρίσμα της ενωμένης ευρωπαϊκής αγοράς, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαίτερες συνθήκες και πολιτικές που επικρατούν σε εθνικό επίπεδο.
- Την δημοσιονομική πολιτική, τις πολιτικές σταθερότητας και τις επιπτώσεις τους στο εμπόριο, την ανάπτυξη και την συμπεριφορά των παραγωγών/καταναλωτών.
- Τις βασικές ανάγκες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για λεπτομερή οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά σενάρια πολιτικής.

Ακολουθεί μια λίστα των κύριων εφαρμογών του μοντέλου:

- Η εκ των υστέρων αξιολόγηση των επιπτώσεων του προγράμματος SMP (Single Market Program) της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η μελέτη της αναθεώρησης της ελάχιστης έμμεσης φορολόγησης για ενεργειακά προϊόντα των μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η μελέτη του ενδεχομένου «διπλού μερίσματος» για περιβάλλον και απασχόληση.
- Η αξιολόγηση των μακροοικονομικών συνεπειών των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις διαπραγματεύσεις του Κιότο σχετικά με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Η εξέταση των επιπτώσεων του εμπορίου αδειών ρύπων.

Παράρτημα Γ: Τα αέρια του θερμοκηπίου

Η κλιματική αλλαγή έρχεται σαν αποτέλεσμα της αυξημένης συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι :

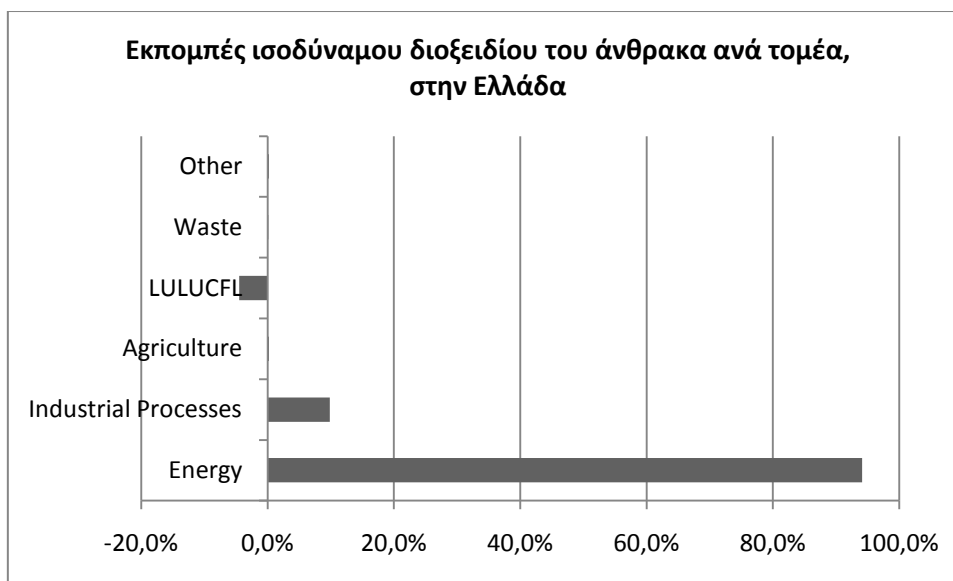
- **CO₂**: Διοξείδιο του άνθρακα. Το 75-80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως οφείλεται στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, γεγονός που καθιστά την παραγωγή ενέργειας τον κύριο υπαίτιο της κλιματικής αλλαγής. Η δυνατότητα όξυνσης του φαινομένου του θερμοκηπίου για όλα τα άλλα αέρια ορίζεται ως η ισοδύναμη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που θα είχε το ίδιο αποτέλεσμα το σύνολο των εκπομπών προκύπτει ως «τόνοι ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα».
- **CH₄**: Μεθάνιο. Το μεθάνιο οφείλεται για το 15-16% των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Η δυνατότητά του θέρμανσης της ατμόσφαιρας, είναι 21 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του διοξειδίου του άνθρακα για μια περίοδο 100 ετών. Επιπλέον, αναμένεται να επιταχύνει σημαντικά το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής από την στιγμή που θα αρχίσει να υφίσταται, λόγω απελευθέρωσης του μεθανίου εδάφους σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας. Η έκλυση μεθανίου στην ατμόσφαιρα προκαλείται από την γεωργική δραστηριότητα, κατά την εξόρυξη άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου (ως διαφεύγον αέριο), κατά την κατεργασία αποβλήτων και από διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες. Είναι πρωτεύον συστατικό του φυσικού αερίου γεγονός που το καθιστά σημαντική πηγή ενέργειας. Λόγω της σύνδεσής του με πληθώρα ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της σημασίας του στην παραγωγή ενέργειας, τεχνολογικές μελέτες στρέφονται στην αιχμαλώτιση και χρήση των εκπομπών μεθανίου, κάτι που θα έχει πολλαπλά οφέλη ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά.
- **HFCs**: Υδροφθοράνθρακες. Από υδροφθοράνθρακες συντίθενται ψυκτικά σπρέι τα οποία και απελευθερώνουν το αέριο κατά την χρήση τους. Χρησιμοποιούνται ακόμα ως μονωτικά και στην κατασκευή ημιαγωγών. Η χρήση τους προέκυψε προς αντικατάσταση των χλωροφθορανθράκων (CFCs) λόγω των επιπτώσεων που είχαν στο όζον της ατμόσφαιρας. Οι υδροφθοράνθρακες δεν επηρεάζουν το όζον, ωστόσο επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **PFCs**: Υπερφθοράνθρακες. Οι Υπερφθοράνθρακες είναι εξαιρετικά δυνατά αέρια του θερμοκηπίου, με χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα ανώτερο των 50000 ετών. Το τετραφθορομεθάνιο είναι το στοιχείο της ομάδας αυτής με την μεγαλύτερη παρατηρούμενη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα. Προέρχεται κυρίως από την ηλεκτρόλυση του οξειδίου του αλουμινίου προς παραγωγή αλουμινίου.
- **SF₆**: Εξαφθοριούχο θείο. Είναι το πιο δραστικό από όλα τα ανθρωπογενή αέρια ως προς την δυνατότητα επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η κύρια χρήση του είναι σε διάφορες ηλεκτρικές εφαρμογές, ιδιαίτερα υψηλών τάσεων, καθώς εμφανίζει ιδιότητες ισχυρού μονωτικού. Χρήση του γίνεται και στην μεταλλουργία μαγνησίου και αλουμινίου, την κατασκευή ημιαγωγών κ.α.
- **N₂O**: Υποξείδιο του αζώτου. Είναι ένα επικίνδυνο αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου με θερμομαντική ικανότητα της ατμόσφαιρας μεγαλύτερη από 300 φορές την ικανότητα του διοξειδίου του άνθρακα. Χρησιμοποιείται ευρέως στην γεωργία ως λίπασμα, στην κτηνοτροφία,

- και έχει εφαρμογές και σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας. Να σημειωθεί ότι εκλύσεις του υποξειδίου του αζώτου γίνονται σε μεγάλο ποσοστό (60%) και από φυσικές διεργασίες του εδάφους.

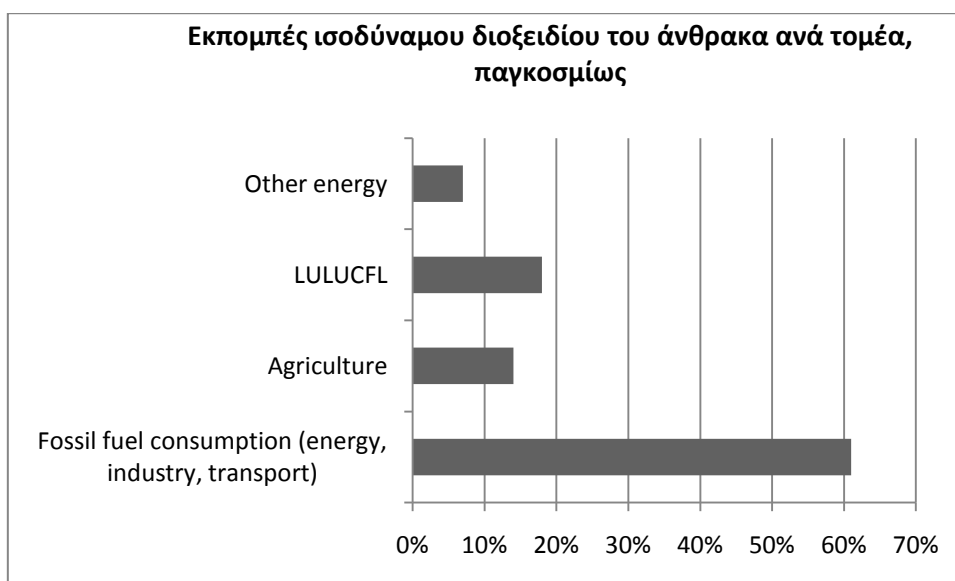
Στα αέρια που επηρεάζουν έμμεσα το φαινόμενο του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται:

- **NO_x**: Οξειδία του αζώτου. Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) είναι ισχυρός τοξικός ρύπος, ενδιάμεσο στην παραγωγή νιτρικού οξέος και ισχυρό οξειδωτικό. Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) όταν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα αντιδρά ταχύτατα με το οξυγόνο και οδηγεί στην σύνθεση του διοξειδίου του αζώτου. Το αέριο άζωτο χρησιμοποιείται ευρέως από την χημική βιομηχανία στην συντήρηση τροφίμων ως ασφαλές κάλυμμα υγρών εκρηκτικών και στην παραγωγή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και ανοξειδωτού χάλυβα.
- **CO**: Μονοξείδιο του άνθρακα. Χρησιμοποιείται εκτενώς στην σύγχρονη χημική βιομηχανία. Είναι παραπροϊόν της καύσης ορυκτών καυσίμων και σημαντικός ρυπαντής της ατμόσφαιρας. Σχηματίζει σύμπλοκο με το στοιχείο της αιμοσφαιρίνης (υπεύθυνη για την μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στους ανθρώπινους ιστούς), αδρανοποιώντας την λειτουργία της.
- **NMVO**: (Non Methane Volatile Organic Compounds). Γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει όλες τις οργανικές πτητικές ενώσεις εκτός του μεθανίου, όπως βενζόλιο, αιθανόλη, φορμαλδεΐδη, ακετόνη κ.α.
- **SO₂**: Διοξείδιο του θείου. Χημική ένωση η οποία προκύπτει κατά την καύση του θείου. Επειδή τα ορυκτά καύσιμα και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου, αναπόφευκτα η καύση τους εκλύει διοξείδιο του θείου στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του θείου είναι και από τους σημαντικότερους ρυπαντές της ατμόσφαιρας καθώς παρουσία του διοξειδίου του αζώτου σχηματίζει θειικό οξύ στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας το φαινόμενο της όξινης βροχής.
- **LULUCF**: Τα αρχικά σημαίνουν «Land Use, Land Use Change and Forestry». Ως LULUCF χαρακτηρίζονται οι μειώσεις εκπομπών από κάποιες φυσικές διεργασίες, όπως η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από δασικές εκτάσεις. Οι μειώσεις αυτές δεν συντελούνται εάν παρέμβει η ανθρωπογενής δραστηριότητα. Παραδείγματος χάριν, η αποψίλωση των δασών, ή η μετατροπή δασικών εκτάσεων σε αγροτικές, επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου επειδή συμβάλλουν στην μείωση της δυνατότητας απορρόφησης των επιβλαβών αερίων. Το IPCC (intergovernmental panel on climate change) εκτιμά ότι κάθε χρόνο η αγροτικοποίηση δασικών εκτάσεων προσθέτει καθαρά 1,6 ±0,8 Gt διοξειδίου του άνθρακα κάθε χρόνο (www.unfccc.int 2009). Η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στην κλιματική αλλαγή είναι αρκετά μεγάλη ώστε να αναφέρεται πως το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα είχε κατά 15% μικρότερη ένταση αν δεν υφίστατο η αποψίλωση των δασών, ενώ η παύση αυτών των δραστηριοτήτων χαρακτηρίζεται ως η πιο φθηνή μορφή μετριασμού (mitigation) της κλιματικής αλλαγής (Stern, Stern Review: The Economics of Climate Change. Part II: The impacts of Climate Change in growth and Development 2007).

Διάγραμμα 34: Κατανομή των εκπομπών ισοδύναμου CO₂ στην Ελλάδα (2005)



Διάγραμμα 35: Κατανομή των εκπομπών ισοδύναμου CO₂ παγκοσμίως (2000)



Πηγή: World Resources Institute

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.3-1: Πρόσφατες μελέτες για την κλιματική αλλαγή και χαρακτηριστικά της μεθοδολογίας που ακολούθησαν	37
Πίνακας 3.2-1: Πίνακας κοινωνικής λογιστικής υποδείγματος GEM-E3	49
Πίνακας 3.2-2: Θεσμικές μονάδες.....	50
Πίνακας 3.2-3: Φόρος εισοδήματος και περιουσίας D5.....	51
Πίνακας 3.2-4: Κατηγορίες κατανάλωσης ανά σκοπό του υποδείγματος GEM-E3 (ποσά σε εκατ. € 2005)....	52
Πίνακας 3.2-5: Επίπεδο φόρων (εκατ. € 2005)	52
Πίνακας 3.2-6: Σύνδεση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και οικονομικών δραστηριοτήτων	53
Πίνακας 3.2-7: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το 2005, σε Mt ισοδύναμου CO ₂	54
Πίνακας 4.1-1: Ανάλυση στοιχείων σεναρίων Μη Δράσης, Προσαρμογής.....	56
Πίνακας 4.2-1: Τα τέσσερα σενάρια που αναπτύσσονται στην μελέτη PESETA	59
Πίνακας 4.2-2: Κλιματική αλλαγή και φυσικοί παράγοντες που σχετίζονται με την αγροτική παραγωγή	61
Πίνακας 4.2-4: Ποσοστιαία μεταβολή στον συντελεστή παραγωγικότητας το 2050 λόγω της κλιματικής αλλαγής	64
Πίνακας 4.2-5: Αναμενόμενος πληθυσμός που πλήττεται από πλημμύρες κατ' έτος (σε χιλιάδες) και οικονομική ζημία σε εκατομμύρια ευρώ κατ' έτος, για το 2080, στην Νότια Ευρώπη.....	66
Πίνακας 4.2-7: Επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων στις παραποτάμιες περιοχές, στην Ελλάδα, το 2050	69
Πίνακας 4.2-8: Άνοδος στάθμης θάλασσας(Α.Σ.Θ.) σε παγκόσμιο επίπεδο	70
Πίνακας 4.2-9: Συνολική απώλεια γης στην Ελλάδα (Χλμ ² /έτος).....	71
Πίνακας 4.2-10: Συνολικός αριθμός ατόμων που πλήττονται από τις πλημμύρες των παράκτιων συστημάτων (χιλιάδες/έτος)	72
Πίνακας 4.2-12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα οικονομικών επιπτώσεων λόγω των πλημμύρων στα παράκτια συστήματα για την Ελλάδα το 2050(Εκ/ρια € / έτος, αξίες 1995).....	73
Πίνακας 4.2-13: Επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων στα παράκτια συστήματα, στην Ελλάδα, το 2050.....	74
Πίνακας 4.2-14: Σύστημα αξιολόγησης του δείκτη TCI.....	75
Πίνακας 4.2-15: Μεταβολή του δείκτη TCI σύμφωνα με το μοντέλο RCA για την Ελλάδα.....	76
Πίνακας 4.2-17: Ετήσιες μεταβολές στα τουριστικά έσοδα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την Ελλάδα το 2080	78
Πίνακας 4.2-18: Ετήσιες ποσοστιαίες μεταβολές στα τουριστικά έσοδα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για την Ελλάδα, το 2050.....	78
Πίνακας 4.2-19: Κατανομή της τουριστικής δαπάνης σύμφωνα με μελέτη του Σ.Ε.Τ.Ε.	79
Πίνακας 4.2-20: Κατανομή της τουριστικής δαπάνης σε κατηγορίες του υποδείγματος.....	79
Πίνακας 4.2-21: Τουριστική δαπάνη ανά τομέα του υποδείγματος,(εκ/ρια €,2005).....	80
Πίνακας 4.2-22: Μεταβολή στην θνησιμότητα λόγω ακραίων θερμοκρασιών, σε άτομα ανά 100 000, για την Νότια Ευρώπη	82
Πίνακας 4.2-23: Μεταβολές θερμοκρασίας στη Μεσόγειο από άνοδο 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο	83
Πίνακας 4.2-24: Εκτιμώμενη μέγιστη μέση θερμοκρασία σε επιλεγμένες περιοχές της Ελλάδος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε περίπτωση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο... ..	84
Πίνακας 4.2-25: Μείωση της παραγωγικότητας των εργατών στην Ελλάδα, στους παραγωγικούς τομείς που αναφέρονται, για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C σε παγκόσμιο επίπεδο, ακολουθώντας την μεθοδολογία της μελέτης Garnaut	84
Πίνακας 4.2-27: Εκπομπές ρύπων από δασικές πυρκαγιές τον Ιούλιο του 2000 στην Ελλάδα	86

Πίνακας 4.2-28: Πρόσθετο κόστος λόγω δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα, σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (εκ/ρια € αξίες 2005)	88
Πίνακας 4.2-29: Συνέπειες λόγω των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα το 2050, όπως αυτές εισάγονται στο μοντέλο Gem-E3. (Εκ/ρια €, αξίες 2005).....	89
Πίνακας 4.2-30: Ελληνικές καλλιέργειες που εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην έλλειψη νερού	92
Πίνακας 4.2-31: Εκτιμώμενη μείωση της γεωργικής παραγωγής σε σχέση με την έλλειψη νερού	92
Πίνακας 4.2-32: Εκτιμώμενη μεταβολή της γεωργικής παραγωγής λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας νερού για τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλ. αλλαγής.....	94
Πίνακας 4.2-33: Ελαστικότητα ζήτησης ενέργειας ως προς την θερμοκρασία	96
Πίνακας 4.2-34: Ποσοστιαία μεταβολή της θερμοκρασία ανά εποχή που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της μεταβολής στην ζήτηση ενέργειας για αύξηση της μέσης θερμοκρασία κατά 2°C	96
Πίνακας 4.2-35: Εκτίμηση της μεταβολής της ζήτησης ενέργειας στην Ελλάδα για αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά 2°C.....	96
Πίνακας 4.2-36: Συγκεντρωτικός Πίνακας εκτιμήσεων οι οποίες εισάγονται στο μοντέλο GEM-E3 για την μελέτη του σεναρίου μη δράσης	98
Πίνακας 4.3-1: Πίνακας Εισροών-Εκροών της ελληνικής οικονομίας, 5 τομέων (τα μεγέθη είναι εκφρασμένα σε τιμές του 2005)	105
Πίνακας 4.3-2: Ανακατασκευασμένος Πίνακας Εισροών-Εκροών 5 τομέων της ελληνικής οικονομίας, μετά την αλλαγή στην τουριστική ζήτηση	111
Πίνακας 4.3-3: Αποτελέσματα του συστήματος Leontief για την μελέτη της επίπτωσης της τουριστικής ζήτησης στο ΑΕΠ της ελληνικής οικονομίας	112
Πίνακας 4.3-4: Αποτελέσματα του μοντέλου GEM-E3 για την μελέτη της επίπτωσης της τουριστικής ζήτησης στο ΑΕΠ της ελληνικής οικονομίας	112
Πίνακας 4.4-1: Σχετική μεταβολή του ΑΕΠ σε κάθε τομέα της μελέτης.....	121
Πίνακας 7.1-2: Ετήσιο κόστος των μέτρων του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής	139
Πίνακας 7.1-3: Ετήσιο συνολικό κόστος στο σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής	139
Πίνακας 6.2-1: : Συνολική απώλεια γης στην Ελλάδα (Χλμ ² /έτος) μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής ...	144
Πίνακας 6.2-2: Συνολικός αριθμός ατόμων (χιλιάδες/έτος) που πλήττονται από τις πλημμύρες των παράκτιων συστημάτων, μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής	145
Πίνακας 6.2-3: Οικονομικές επιπτώσεις των πλημμύρων των παράκτιων περιοχών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής. (Εκ/ρια € / έτος, οικονομικές αξίες 1995)	146
Πίνακας 6.2-4: Οικονομικές επιπτώσεις λόγω των πλημμύρων των παράκτιων περιοχών μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής σε σχέση με τις αντίστοιχες οικονομικές επιπτώσεις χωρίς την λήψη μέτρων προσαρμογής (%)	146
Πίνακας 6.3-1: Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής στην Ελλάδα αξιοποιώντας εκτιμήσεις του κόστους προσαρμογής σε παγκόσμιο επίπεδο σχετικής μελέτης του UNFCCC	150
Πίνακας 7.2-2: Ετήσιο συνολικό κόστος στο σενάριο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής	152
Πίνακας 7.2-3: Εκτίμηση του κόστους προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.....	153
Πίνακας 7.2-1: Σωρευτικό κόστος των σεναρίων μη δράσης, προσαρμογής και μετριασμού της κλιματικής αλλαγής	155

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Σχηματικό διάγραμμα των σταδίων αποτίμησης του κόστους της κλιματικής αλλαγής που ακολουθήθηκαν στην παρούσα εργασία	23
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροών της οικονομίας στο μοντέλο GEM-E3.....	47
Διάγραμμα 3: Σύγκριση αποτελεσμάτων του συστήματος Leontief και του μοντέλου GEM-E3.....	113
Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ και της Ευημερίας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής.....	115
Διάγραμμα 5: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο A2_EC +5,4°C	117
Διάγραμμα 6: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο B2_EC +4,1°C.....	118
Διάγραμμα 7: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο A2_Had +3,9°C.....	119
Διάγραμμα 8: Ανάλυση της επίδρασης στο ΑΕΠ και την Ευημερία κάθε τομέα της μελέτης για το σενάριο B2_Had +2,5°C.....	120
Διάγραμμα 10: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε Mtoe για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation	128
Διάγραμμα 11: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (σε Mtoe) στις στατικές χρήσεις για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation	129
Διάγραμμα 12: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (σε Mtoe) στις μεταφορές για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation.....	130
Διάγραμμα 13: Διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για τα σενάρια Baseline 2009 και Mitigation	130
Διάγραμμα 14: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στις στατικές καταναλώσεις ενέργειας για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009	131
Διάγραμμα 15: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στις μεταφορές για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009	132
Διάγραμμα 16: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο στις μεταφορές στο σενάριο Mitigation	132
Διάγραμμα 17: Διαμόρφωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	133
Διάγραμμα 18: Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρισμού ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης για τα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	133
Διάγραμμα 19: Διάρθρωση της παραγωγής ενέργειας ανά καύσιμο στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	134
Διάγραμμα 20: Συμμετοχή τεχνολογιών συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) στην παραγωγή ηλεκτρισμού στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	135
Διάγραμμα 21: Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς (MWe) στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	136
Διάγραμμα 22: Ένταση εκπομπών CO ₂ της ηλεκτροπαραγωγής σε τόνους CO ₂ ανά παραγόμενη MWh.....	137
Διάγραμμα 23: Διαμόρφωση της τιμής του ηλεκτρισμού στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009.....	137
Διάγραμμα 24: Ετήσιο συνολικό κόστος της ενέργειας στα σενάρια Mitigation και Baseline 2009	138
Διάγραμμα 25: Σύγκριση αποτελεσμάτων για την μεταβολή του ΑΕΠ στα σενάρια Προσαρμογής και Μη Δράσης.....	148

Διάγραμμα 26: Σύγκριση αποτελεσμάτων για την μεταβολή της Ευημερίας στα σενάρια Προσαρμογής και Μη Δράσης	148
Διάγραμμα 27: Απεικόνιση της χρονικής διαφοροποίησης εμφάνισης του κόστους της κλιματικής αλλαγής στις περιπτώσεις της μη δράσης, της προσαρμογής και του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.....	154
Διάγραμμα 28: Σωρευτικό κόστος μη δράσης και μετριασμού με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%)	157
Διάγραμμα 29: Σωρευτικό κόστος μη δράσης και μετριασμού με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%).....	157
Διάγραμμα 30: Το συνολικό κόστος μετριασμού και το κόστος μετριασμού μετά την λήψη μέτρων προσαρμογής	158
Διάγραμμα 31: Σωρευτικό κόστος προσαρμογής με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%).....	159
Διάγραμμα 32: Σωρευτικό κόστος προσαρμογής με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%)	160
Διάγραμμα 33: Σωρευτικό κόστος όλων των σεναρίων που έχουν μελετηθεί με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Stern (1,4%)	161
Διάγραμμα 34: Σωρευτικό κόστος όλων των σεναρίων που έχουν μελετηθεί με επιτόκιο προεξόφλησης κατά Nordhaus (3%)	162
Διάγραμμα 35: Κατανομή των εκπομπών ισοδύναμου CO ₂ στην Ελλάδα (2005).....	175
Διάγραμμα 36: Κατανομή των εκπομπών ισοδύναμου CO ₂ παγκοσμίως (2000).....	175

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1: Παγκόσμιες εκπομπές CO ₂ που σχετίζονται με την ενέργεια και την βιομηχανία όπως έχουν καταγραφεί από το 1900 έως το 1990, και εκπομπές σύμφωνα με τα 40 SRES σενάρια από το 1990 μέχρι το 2100. Οι εκπομπές παρουσιάζονται ως προς τα επίπεδα του έτους 1990	29
Σχήμα 2: Θερμοκρασιακές μεταβολές από το 1990 έως το 2030 όπως προκύπτουν από διάφορα κλιματικά μοντέλα για τα σενάρια εκπομπών του IPCC.....	30
Σχήμα 3: Θερμοκρασιακές μεταβολές από το 1990 έως το 2100 όπως προκύπτουν από διάφορα κλιματικά μοντέλα για τα σενάρια εκπομπών του IPCC.....	30
Σχήμα 4: Βήματα που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό του κόστους της μη δράσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή	32
Σχήμα 5: Κάλυψη περιπτώσεων και παραμέτρων από τις υπάρχουσες ολοκληρωμένες μελέτες για τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.....	35
Σχήμα 6: Το όφελος της προσαρμογής	39
Σχήμα 7: Συσχέτιση μεταβολής του παγκόσμιου ΑΕΠ και της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή για τρεις ολοκληρωμένες μελέτες των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής	41
Σχήμα 8: Υπολογισμός του πίνακα καθαρών φόρων επί του προϊόντος	48
Σχήμα 10: Τομείς που πλήττονται άμεσα από τις πλημμύρες και συνέπειες	67
Σχήμα 11: Τροποποίηση του Σχήμα 10 ώστε να φαίνεται ο ακριβής καταμερισμός του άμεσου κόστους των πλημμύρων.....	68
Σχήμα 12: Κατανομή της ζήτησης νερού στην Ελλάδα ανάλογα με την χρήση του.....	91
Σχήμα 13: Απλοποιημένο σύστημα ροών της οικονομίας.....	102

Βιβλιογραφία

(Eds.) Karl, Thomas R., Jerry M. Melillo, και Thomas C. Peterson. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge University Press, 2009.

Eurelectric. 2008. www.eurelectric.org/powerchoices2050.

Arrow, K.J. «General Economic Equilibrium: Purpose, Analytic Techniques, Collective Choice.» *American Economic Review*, 1974: 253-272.

Balbus, J.M., M. Bouma, S. Kovats, D. LeSueur, W.C. Martens, και J. Patz. «Human Health.» Στο *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, 10-1. (Eds) Feenstra J.F., Burton I., Smith J.B., Tol R.S.J., 1998.

Ciscar, Juan-Carlos. «PESETA research project. Climate change impacts in Europe .» 2009.

Climate Change Impacts in Europe, final report of the PESETA research project. Juan-Carlos Ciscar (editor), 2009.

De Cian, Enrica, Elisa Lanzi, και Roberto Roson. *The Impact of Temperature Change on Energy Demand: A Dynamic Panel Analysis*. Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers, 2007.

Dervis, Kemal, Jaime De Melo, και Sherman Robinson. «Input-output models.» Στο *General Equilibrium Models for Development Policy*. Cambridge University Press, 1982.

European Environment Agency. «The cost of inaction and the cost of adaptation. Technical Report 13/2007.» 2007.

Garnaut Climate Change Review. «Technical Paper 4-Methology for modelling climate change impacts.» 2008.

Giannakopoulos, C., P. Le Sager, M. Bindi, M. Moriondo, E. Kostopoulou, και C.M. Goodess. «Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C.» *Glob. Planet. Change*, 2009: 1.

Giannakopoulos, Foundas, και Zerefos. «Estimating present and future fire risk in Greece due to climate change: Links with the destructive fires of summer 2007.» 2007.

Iglesias, A., A. Cancelliere, F. Cubillo, και D.A. Garrot. «Coping with drought risks in agriculture and water supply systems: Drought management and policy development in the Mediteranean.» The Netherlands, 2009a.

IPCC. *Scientific Basis*. Third Assesment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.

IPCC Working Group III. *IPCC Special Report on Emission Scenarios. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000.

Kuik, O.J., B. Buchner, M. Catenacci, A. Gorla, E. Karakaya, και R.S.J. Tol. *Methological Aspectsof Recent Climate Change Damage Cost Studies*. Hamburg: Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, 2006.

- McFadden, Nicholls, Vafeidis, και Tol. «A Methodology for Modeling Coastal Space for Global Assessment.» *Journal of Coastal Research*, 2007.
- McGranahan, Balk, Anderson. «The rising tide: assessing the risks of climate.» 2007.
- Mendelsohn, R.O., W.N. Morrison, M.E. Schlesinger, και N.G. Andronova. «Country-specific market impacts of climate change.» *Climatic Change* 45 (3-4), 1998: 553-569.
- Mieczkoswki, Z. «The Tourism climatic Index: A method of evaluating world climates for tourism.» *Canadian Geographer* 29, 1985: 220-223.
- Nordhaus, W. D. «Critical Assumptions in the Stern Review on Climate Change.» *Science*, 2007: 201-202.
- Nordhaus, W.D., και J.G. Boyer. *Warming the World: the Economics of the Greenhouse Effect*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- Nordhaus, WD. «Reflections on the economics of climate change.» *Journal of Economic Perspectives*, 1993: 7(4), 11-25 at P1 and at 14.
- Parry, M.L., C. Rosenzweig, και A. Iglesias. «Agriculture.» Στο *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, 8-2. (Eds) J.F. Feenstra ,I. Burton ,J.B. Smith , R.S.J Tol, 1998.
- Parry, Martin, και συν. *Assessing the costs of adaptation to climate change. A Review of the UNFCCC and other recent estimates*. International Institute for Environment and Development (UK) and Grantham Institute For Climate Change, Imperial College London (UK), 2009.
- Ramsey, F. «A Mathematical Theory of Saving.» *Economic Journal*, 1928: 543-549.
- Stern, N. «Stern Review: The Cost of Climate Change. Chapter 6.» 2007.
- Stern, N. «Stern Review: The Economics of Climate Change. Part I: Climate Change-Our Approach.» 2007.
- Stern, N. «Stern Review: The Economics of Climate Change. Part II: The impacts of Climate Change in growth and Development.» 2007.
- Tol, R.J.S. «Estimates of the damage costs of climate change- part II: dynamic estimates.» *Environmental and Resource Economics* 21 (Environmental and Resource Economics), 2002: 135-160.
- WHO Constitution of the World Health Organisation. «Final Acts of the International Health Conference.» New York, from 19 June to 22 July 1946.
- www.fao.org/nr/water.
- www.unfccc.int. 11 01 2009.
- Κωτσόπουλος, Σπύρος Ι. *Βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής σε σχέση με την κατανομή του νερού κατά την αρδευτική περίοδο*. Λαρίσης 4, Αμπελώνας 404 00, 1995.
- Παρούσος, Λεωνίδα Λ. *Ενέργεια και Κλιματική Αλλαγή: Οικονομική Ανάλυση στο Πλαίσιο της Γενικής Οικονομικής Υπηρεσίας*. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009.

